

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE MAQUINAS AGRÍCOLAS

Parecer

*Este exemplar corresponde a redação final
da Dissertação de Mestrado defendida por
José Paulo Molin e aprovada pela Co-
missão julgadora em 30 de janeiro de 1991.
Campinas, 26 de fevereiro de 1991*

[assinatura]
Presidente da Banca

**DESENVOLVIMENTO E ANALISE DE UM DOSADOR
MECANICO VERTICAL PARA SEMEADORA DE PRECISÃO**

José Paulo Molin ✱

Orientador: Prof. Dr. Cheu-Shang Chang ✱

1991

30/9/02532

Dissertação apresentada a Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE em Engenharia Agrícola.

DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DE UM DOSADOR
MECÂNICO VERTICAL PARA SEMEADORA DE PRECISÃO

JOSÉ PAULO MOLIN

Aprovado em : 30.01.91

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Cheu-Shang Chang

UNICAMP

Prof. Dr. Luiz Antonio Balastreire

ESALQ/USP

Prof. Dr. Oscar A. Braubeck

UNICAMP

Prof. Dr. CHEU-SHANG CHANG

- Orientador -

A minha esposa,

Lourdes

OFEREÇO

Aos meus filhos,

Paulo Henrique e

Paulo Guilherme

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A todos que de uma forma ou outra contribuíram para que este trabalho chegasse ao seu final. Foram tantos os nomes envolvidos nas diferentes etapas que seria um risco listá-los e cometer o lapso de esquecer alguém.

As instituições que contribuíram com o aporte de recursos materiais, financeiros ou de infraestrutura :

FEAGRI/UNICAMP

EMPASC

CNPq

DEA/IAC

ESALQ/USP

CAPES

SUMARIO

	Página
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE APÊNDICES	xvi
LISTA DE NOTAÇÕES E SÍMBOLOS	xvii
RESUMO	xviii
SUMMARY	xx
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Semeadoras e mecanismos dosadores	3
2.2. Desempenho de dosadores	4
2.3. Dosadores verticais	17
2.4. Efeitos da precisão de plantio na produção	25

3. MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1. Desenvolvimento e construção do protótipo	28
3.2. Constituição básica do protótipo	29
3.2.1. Rotor	29
3.2.2. Celas	32
3.2.3. Limpador	32
3.2.4. Defletor	35
3.2.5. Suporte	36
3.2.6. Ejetor	37
3.2.7. Outros Componentes	38
3.3. Avaliação do desempenho	40
3.3.1. Variáveis independentes	40
3.3.2. Variáveis dependentes	41
3.3.3. Ensaio preliminar	43
3.3.4. Primeira fase	44
3.3.5. Segunda fase	48
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
4.1. Ensaio preliminar	52
4.2. Primeira fase	53
4.3. Segunda fase	55
4.3.1. Informações preliminares	55
4.3.2. Uniformidade de distribuição	56
4.3.3. Danos às sementes	79
5. CONCLUSÕES	87
LITERATURA CITADA	91
APENDICE	

LISTA DE TABELAS

		Página
Tabela	1 - Movimento tangencial relativo entre o limpador e o rotor.	35
Tabela	2 - Espaçamentos teóricos entre sementes para diferentes relações de transmissão no acionamento do rotor.	39
Tabela	3 - Variáveis independentes e níveis adotados nos testes da primeira fase de avaliação do protótipo.	46
Tabela	4 - Diferentes combinações entre tipo, posição e velocidade relativa do limpador, para a composição dos 18 tratamentos dos testes referentes à primeira fase.	48
Tabela	5 - Variáveis independentes e níveis adotados nos testes da segunda fase de avaliação do protótipo.	49

Tabela	6 - Diferentes combinações para a composição dos 16 tratamentos dos testes referentes à segunda fase.	50
Tabela	7 - Valores de "F" e graus de liberdade para tratamentos e resíduo resultantes da análise de variância dos dados da primeira fase para as diferentes variáveis dependentes.	53
Tabela	8 - Médias originais de todas as variáveis dependentes avaliadas na primeira fase.	54
Tabela	9 - Síntese da análise de variância dos dados da segunda fase para as variáveis referentes a uniformidade de distribuição (duplos, normais, falhos, espaço médio e coeficiente de variação).	55
Tabela	10 - Médias das variáveis referentes à uniformidade de distribuição em que houve significância pelo teste "F" para o fator rotor.	58
Tabela	11 - Médias das variáveis referentes à uniformidade de distribuição em que houve significância pelo teste "F" para o fator limpador.	59

Tabela	12 - Médias das variáveis referentes à uniformidade de distribuição em que houve significância pelo teste "F" para o fator velocidade.	61
Tabela	13 - Médias das variáveis referentes à uniformidade de distribuição em que houve significância pelo teste "F" para as interações entre os fatores rotor e limpador.	64
Tabela	14 - Médias da variável espaço médio para as interações entre os fatores rotor e velocidade.	66
Tabela	15 - Média das variáveis referentes à uniformidade de distribuição em que houve significância pelo teste "F" para as interações entre os fatores limpador e velocidade.	68
Tabela	16 - Médias da variável espaço médio para as interações entre os fatores rotor, limpador e velocidade.	74
Tabela	17 - Síntese da análise de variância dos dados referentes à segunda fase para as variáveis danos físicos, danos fisiológicos e danos totais.	79

Tabela	18 - Médias das variáveis referentes à danos em que houve significância pelo teste "F" para o fator rotor.	81
Tabela	19 - Médias das variáveis referentes à danos em que houve significância pelo teste "F" para o fator limpador	81
Tabela	20 - Médias das variáveis referentes à danos em que houve significância pelo teste "F" para o fator velocidade.	82
Tabela	21 - Médias das variáveis referentes à danos em que houve significância pelo teste "F" para as interações entre os fatores rotor e limpador.	84
Tabela	22 - Médias da variável danos físicos para as interações entre os fatores rotor e velocidade.	85

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - Constituição orgânica básica do mecanismo dosador: 1-rotor, 2-limpador, 3-depósito, 4 - defletor, 5 - suporte, 6 - ejeter, 7 - parede de acrílico transparente.	29
Figura 2 - Perfil do rotor representando as faces laterais com ângulo de 30° e a faixa central plana.	31
Figura 3 - Aspecto dos dois rotores construídos testados; liso à esquerda e estriado à direita.	31
Figura 4 - Aspecto dos dois limpadores construídos e testados: de borracha à direita e de escova de crina de cavalo à esquerda.	33

Figura	5 - Vista em corte do rotor representando a fenda pela qual se desloca o disco do ejetor e a posição de suporte.	38
Figura	6 - Protótipo do mecanismo dosador totalmente montado e em condições de operação.	40
Figura	7 - Protótipo do mecanismo dosador montado sobre bancada de correia plana coberta com graxa, na Divisão de Engenharia Agrícola do Instituto Agronômico, em Jundiaí - SP.	45
Figura	8 - Curva da equação polinomial da variável duplos para o fator velocidade.	61
Figura	9 - Curva da equação de regressão polinomial da variável normais para o fator velocidade.	62
Figura	10 - Curva da equação de regressão polinomial da variável falhos para o fator velocidade.	62
Figura	11 - Curva da equação de regressão polinomial da variável espaço médio para o fator velocidade.	63

- Figura 12 - Curva da equação de regressão polinomial da variável coeficiente de variação para o fator velocidade. 63
- Figura 13 - Curva da equação de regressão polinomial da variável espaço médio para o rotor liso dentro dos níveis de velocidades ensaiados. 67
- Figura 14 - Curva da equação de regressão polinomial da variável espaço médio para o rotor estriado dentro dos níveis de velocidades ensaiadas. 67
- Figura 15 - Curva da equação de regressão polinomial da variável normais para o limpador de escova dentro dos níveis de velocidades ensaiadas. 69
- Figura 16 - Curva da equação de regressão polinomial da variável normais para o limpador de borracha dentro dos níveis de velocidades ensaiadas. 70
- Figura 17 - Curva da equação de regressão polinomial da variável falhos para o limpador de escova dentro dos níveis de velocidades ensaiadas. 70

- Figura 18 - Curva da equação de regressão polinomial da variável falhos para o limpador de borracha dentro dos níveis de velocidades ensaiadas. 71
- Figura 19 - Curva da equação de regressão polinomial da variável espaço médio, para o limpador de escova dentro dos níveis de velocidades ensaiadas. 71
- Figura 20 - Curva da equação de regressão polinomial da variável espaço médio para o limpador de borracha dentro dos níveis de velocidades ensaiadas. 72
- Figura 21 - Curva da equação de regressão polinomial da variável coeficiente de variação para o limpador de escova dentro dos níveis de velocidades ensaiadas. 72
- Figura 22 - Curva da equação de regressão polinomial da variável coeficiente de variação para o limpador de borracha dentro dos níveis de velocidades ensaiadas. 73

- Figura 23 - Curva da equação de regressão da variável espaço médio para a interação entre rotor liso e limpador de escova dentro dos níveis de velocidades ensaiadas. 77
- Figura 24 - Curva da equação de regressão polinomial da variável espaço médio para a interação entre rotor estriado e limpador de escova dentro dos níveis de velocidades ensaiadas. 78
- Figura 25 - Curva da equação de regressão polinomial variável espaço médio para a interação entre rotor estriado e limpador de borracha dentro dos níveis de velocidades ensaiadas. 78
- Figura 26 - Curva da equação de regressão polinomial da variável danos físicos para os diferentes níveis de velocidades ensaiadas. 83
- Figura 27 - Curva da equação de regressão polinomial da variável danos físicos para o rotor estriado dentro dos níveis de velocidades ensaiadas. 86

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE

- 1 - Gráfico da distribuição do coeficiente de variação dos espaços entre sementes em função do tamanho da amostra para dados obtidos na primeira fase.
- 2 - Médias de todas variáveis referentes à uniformidade de distribuição para os fatores e suas diferentes interações na segunda fase.
- 3 - Médias de todas variáveis referentes a danos físicos para os fatores e suas diferentes interações na segunda fase.

LISTA DE NOTAÇÕES E SÍMBOLOS

Símbolo	Nomes
Q	Quantidade de celas por metro linear
P	Posição do limpador
L	Tipo de limpador
I	Velocidade relativa limpador/rotor
R	Tipo de rotor
V	Velocidade linear de semeadura
E	Espaço médio entre sementes
Ei	Espaço entre duas sementes consecutivas
n	Número de espaços entre sementes
C.V.	Coeficiente de variação
F	Teste em análise de variância
X	Valores no eixo das abcissas
Y	Valores no eixo das ordenadas
R^2	Coeficiente de correlação

RESUMO

Muitas culturas requerem semeadoras de precisão e a grande maioria dessas semeadoras disponíveis no mercado brasileiro utilizam dosador de disco horizontal com baixa precisão. Com o objetivo de explorar princípios alternativos e mais eficientes que os disponíveis, foi desenvolvido um mecanismo dosador mecânico para semeadora de precisão. Este se constituiu basicamente de um rotor posicionado verticalmente, com 318 mm de diâmetro e com celas na periferia para alojar as sementes na parte superior. Para a eliminação do excesso de semente nas celas foi utilizado um limpador circular rotativo acionado e para a descarga, um ejedor mecânico. Foram ensaiados vários fatores : rotor liso e com estrias para direcionar as sementes nas celas; limpador de escova de crina de cavalo e de borracha; posição de limpador a 0° , 15° , 30° e 45° da linha vertical, no sentido de giro do rotor, limpador com relações de transmissão no acionamento de 1:2,125; 1:3,4; e 1:5,2 e velocidades simuladas nos testes de 0,56; 1,11; 1,67 e 2,22 m/s. A avaliação do desempenho foi feita em função da uniformidade de distribuição longitudinal e danos causados às sementes. Foram utilizadas as variáveis espaços duplos, normais, falhos, espaçamento médio, coeficiente de

variação dos espaçamentos, danos físicos, fisiológicos e totais. Os testes foram executados em bancada de correia coberta com graxa utilizando-se sementes de soja. Houve tendência de melhor desempenho do rotor liso associado ao limpador de escova com espaços normais entre 56 e 94 %, coeficiente de variação entre 61 e 26% e danos totais entre 3,8 e 1,4%. A uniformidade de distribuição e os danos físicos decresceram com os acréscimos na velocidade.

SUMMARY

Many crops require precision planters, and most of them available in the Brazilian market use the horizontal disk for seed metering which has, in general, low precision. With the objective of exploring alternative and more efficient seed metering principles, it was developed a mechanical device, for a precision planter. This seed metering device was designed using a vertical disk, with a diameter of 318 mm, with cells in its periphery to hold the seeds. To eliminate the excess of seeds in the cells, and to eject the seeds, a rotating circular cleaner and a stationary positive ejector were used. The design parameters tested were: smooth and grooved disks, horse hair brush and rubber cleaners, position of the cleaner at 0° , 15° , 30° and 45° from the vertical axis in the rotation direction, transmission ratios between cleaner and disk of 1:2, 1:2.5, 1:3, 1:4 and 1:5, 2; and speeds of 0.56; 1.11; 1.67; and 2.22 m/s. The performance of the seed metering device was evaluated considering the longitudinal distribution uniformity and damage to seeds. The variables double, single and empty spacings; seed spacing's coefficient of variation; physical, physiological and total damage, were used. The

tests were done on a greased belt, using soybean seeds. The best performance was obtained with the smooth disc and brush cleaner with the following ranges : normal spacings 56 and 94%, coefficient of variation 61 and 26% and total damage 3.8 and 1.4%. The distribution uniformity and physical damage decreased with increased speeds.

1. INTRODUÇÃO

Algumas das culturas exploradas em larga escala no Brasil, como o milho, a soja e o feijão têm sua produtividade afetada pela precisão da semeadura.

As semeadoras de precisão surgiram ainda no século XIX, utilizando o princípio de separação de uma ou mais sementes da massa de grãos por meio de celas. Tal precisão se tornou necessária com a evolução das técnicas de cultivo que exigiam o arranjo sempre mais perfeito das sementes no solo, principalmente com as culturas da beterraba açucareira e do milho.

A semeadura de precisão se refere a uniformidade de espaçamento das sementes na linha de semeadura e deposição em profundidade uniforme. Porém, aliada à precisão deve estar a velocidade de semeadura. Os mecanismos dosadores mecânicos, em geral têm sua precisão influenciada pela velocidade, diminuindo a uniformidade de distribuição na medida em que essa aumenta.

As semeadoras nacionais, de tração animal ou tracionadas por trator, utilizam basicamente o mecanismo de rotor horizontal e, em poucos casos, rotor inclinado. Não tem sido explorados os princípios alternativos entre os

dosadores mecânicos, como por exemplo os dosadores verticais. Por outro lado, já estão disponíveis semeadoras com dosadores pneumáticos. Esses são mais precisos, porém, no seu estado atual, são compatíveis apenas com semeadoras tracionadas por trator. Essas são de custo de aquisição mais elevado, portanto restritas a uma determinada faixa de consumidores. Desta forma se faz necessário tentativas de desenvolvimento ou melhoramento de dosadores mecânicos eficientes e que resultem em evolução quando comparados com os disponíveis no mercado. Sendo assim, delineou-se os seguintes objetivos :

- 1 - Construir um protótipo de dosador para semeadora de precisão, usando rotor vertical com sistema apropriado de limpeza do excesso de sementes;
- 2 - Avaliar o desempenho do protótipo através de testes de laboratório.

Foi com este propósito que desenvolveu-se o presente trabalho, buscando contribuir na busca de novas opções para a semeadura de precisão, com uma forma construtiva alternativa e visando um melhor desempenho.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Semeadoras e mecanismos dosadores

As máquinas utilizadas para a distribuição de sementes já eram adotadas entre os persas e hindus. Tal recurso somente despertou interesse entre o povo europeu no século XVII, quando surgiu a primeira semeadora em linha, que apenas conduzia as sementes até a superfície do solo. No século XVIII surgia a semeadora de fluxo contínuo com o uso do princípio de cilindro canelado, cuja utilização ainda perdura (BERNACKI et alii, 1972). Nos Estados Unidos os primeiros passos para o desenvolvimento e industrialização de semeadoras foram dados em meados do século XIX (BALASTREIRE, 1987).

Os tipos de mecanismos dosadores utilizados em semeadoras são apresentados por BERNACKI et alii (1972), KEPNER et alii (1982), DELAFOSSE (1986) e BALASTREIRE (1987), dentre outros, e podem ser agrupados da seguinte forma : a) dosadores de rotor (disco) horizontal; b) dosadores de rotor (disco) inclinado; c) dosadores de rotor vertical; d) dosadores de correia; e) dosadores pressurizados; f) dosadores contínuos; g) outros sistemas

menos comuns como fitas solúveis, fluidos viscosos, dedos preensores, princípios centrífugos em cones ou pratos estriados, etc.

2.2. Desempenho de dosadores

Observando a desuniformidade de distribuição de sementes em mecanismo dosador de rotor horizontal BJERKAN (1947), concluiu que quando as sementes utilizadas variavam em tamanho, ocorria a tendência da seleção das menores primeiramente. Com isso era menor a quantidade de sementes maiores a ocupar as celas do disco. Para evitar o problema as sementes deveriam ser classificadas por tamanho.

Realizando experimentos em laboratório, BARMINGTON (1948) testou semeadoras com dosador de rotor horizontal e vertical, utilizando sementes de beterraba açucareira, para determinar a percentagem de enchimento das celas em relação à velocidade de rotação dos rotores, tamanho de semente, altura de sementes no reservatório e tamanho das celas. Concluiu que com acréscimos na velocidade de rotação dos rotores ocorriam diminuições na percentagem de enchimento das celas. Com decréscimos na altura de sementes no reservatório ocorriam diminuições no enchimento das celas. Acréscimos no tamanho das celas resultaram em aumentos na quantidade de sementes distribuídas, principalmente em sementes de pequeno

diâmetro. Os danos mecânicos aumentaram com o acréscimo na velocidade de rotação dos rotores. A maior parte das semeadoras testadas mostrou uma tendência de mínimo de danos próximo ou pouco abaixo do valor de 100% de enchimento.

O autor concluiu, ainda, que para sementes de formato uniforme a profundidade das celas deve ser próxima ou igual ao diâmetro das maiores sementes. A folga entre a semente e a cela deve ser de 10% do diâmetro das maiores sementes.

Ao testar semeadoras de rotor inclinado aplicadas à cultura de amendoim, FUTRAL e ALLEN (1951) concluíram que a desuniformidade de distribuição ocorria porque, a velocidades mais elevadas, as celas dos rotores não captavam as sementes com regularidade. A inércia gerada nos ejetores prejudicava seu desempenho e acrescentando tensões nas suas molas a danificação nas sementes era aumentada. Nas semeadoras acopladas a tratores, as sementes frequentemente adquiriam um movimento em espiral ao longo dos tubos condutores, retardando a queda e interferindo nas sementes precedentes.

Visando a solução desses problemas os autores propuseram um dosador de correia inclinada de 45° e com uma segunda correia que cobria as sementes logo após o enchimento. Os danos com amendoim em testes de laboratório foram menores que 1% com velocidade de 16.09 km/h e espaçamento uniforme de 76 mm. Alturas excessivas de grãos

no depósito causavam danos no enchimento das celas sendo o problema solucionado com um depósito superior de descarga afunilada e mergulhado no depósito de carga. Em testes de campo com uma semeadora de 4 linhas foram testadas velocidades de até 24 km/h sem afetar o "stand" nas culturas de amendoim e soja.

ROTH e PORTERFIELD (1960) ao analisar o desempenho de rotores horizontais enumeraram os seguintes fatores como sendo os que de uma forma ou outra afetam esse desempenho: a) tamanho relativo entre semente e cela; b) formato relativo entre semente e cela; c) orientação da semente para a cela; d) velocidade relativa entre a semente e a cela; e) distância que a cela percorre exposta a sementes; f) intervalo de tempo em que a cela é exposta a sementes; g) tipo de raspador e ejedor utilizados; h) altura de sementes no reservatório; i) formato das sementes; j) variações na forma e tamanho das sementes; k) características da superfície das sementes; l) densidade das sementes.

Em um experimento de laboratório os autores fixaram vários fatores utilizando esferas de tamanho uniforme e gravidade específica real de aproximadamente 1.25, celas cilíndricas, uma única altura de sementes no depósito e um valor constante de arco de rotor coberto. Fizeram variar a velocidade das celas, a folga das celas e o diâmetro das esferas. Em outra etapa fizeram variar o arco de exposição das celas às sementes e a velocidade das

celas, com um único valor de folga das celas. Como resultado verificaram que o aumento na velocidade das celas foi acompanhado por decréscimo no seu enchimento, após ser atingida uma determinada velocidade, sempre relacionada com a folga das celas. Aumentando a folga das celas elevou-se o limite de velocidade no qual ocorria um enchimento de 100% das celas. Com o aumento na folga das celas a precisão na dosagem se tornou menos sensível a mudanças de velocidade. Para um dado tempo de exposição das celas a sementes, melhor enchimento das celas foi obtido com uma menor distância de exposição e baixa velocidade da cela.

WANJURA e HUDSPETH (1968) testaram um mecanismo dosador de rotor horizontal utilizando sementes de algodão deslintado para analisar a distribuição longitudinal e transversal. Fizeram variar o tamanho e velocidade das celas, o comprimento e orientação do tubo condutor de sementes. Os resultados demonstraram baixa precisão, embora julgados aceitáveis para a cultura do algodão. O tubo de 19 mm de diâmetro e ângulo de 30° de inclinação para trás resultou na menor variação de distribuição longitudinal. O comprimento do tubo não afetou a uniformidade de distribuição longitudinal. A menor dispersão lateral ocorreu com tubo de 19 mm de diâmetro. O comprimento e orientação do tubo não afetaram a uniformidade transversal de distribuição de sementes.

BATEMAN (1972) acompanhou o desempenho de

32 semeadoras de milho a nível de propriedade e operadas pelos seus proprietários, das quais 21 possuíam dosadores de rotor horizontal e 11, dosador de dedos preensores. As semeadoras de rotor horizontal foram ajustadas para diferentes populações com média de 56.800 celas por hectare, o que resultou numa média de 60.500 grãos por hectare. O número de grãos distribuídos por hectare equivaleu, portanto, a 106% da população desejada, mas o grande problema foi a ampla faixa de variação de 83 a 135%. Já, nas semeadoras de dedos preensores, a média de grãos distribuídos foi de 103% da população desejada, com uma variação de 91 a 115% .

Segundo o autor, a variação verificada na distribuição das semeadoras de rotor horizontal foi devida a seleção imprópria do tamanho de celas dos rotores, desgaste nas partes dos mecanismos dosadores, velocidade das máquinas ou dos rotores acima da recomendada, rodas acionadoras maiores do que as recomendadas, variação no tamanho das sementes e variação no deslizamento dos pneus. Nas semeadoras de dedos preensores a variação na distribuição de sementes foi causada por velocidades das máquinas acima das recomendadas, deslizamento excessivo dos pneus e uso de sementes muito pequenas e chatas.

Comparando a produção de trigo, em dois anos seguidos, semeado com semeadora pneumática de precisão adaptada e com semeadora de fluxo contínuo, BRAUNBECK (1973) obteve produtividades significativamente

maiores com a primeira. Os resultados indicaram a possibilidade de economia de sementes devido à baixa densidade de semeadura, compensada pela uniformidade de distribuição longitudinal das sementes.

BUFTON et alii (1974) pesquisaram as causas de dispersão das sementes entre o ponto em que são lançadas do mecanismo dosador e o ponto de repouso no solo. Utilizaram um dosador de rotor vertical auxiliado por vácuo onde as sementes eram arremessadas para bater contra a superfície do solo a uma velocidade e ângulo de impacto conhecidos e era medido o deslocamento das sementes devido ao ressalto e rolamento. A média e a variabilidade dos deslocamentos das sementes foram afetados pelo ângulo e velocidade de impacto, natureza da superfície do solo e tipo de semente. O mínimo deslocamento ocorreu a baixa velocidade de impacto e para ângulo de impacto de 75 a 85°. O deslocamento foi menor para superfícies de solo apenas niveladas que para superfícies compactadas e para sementes pequenas e de formato irregular que para sementes graúdas e de formato esférico.

CHHINNAN et alii (1975), analisando o desempenho de semeadoras quanto ao espaçamento de sementes, apontaram dois tipos de erros. O primeiro resulta da disposição de múltiplas sementes ou falhas quando o desejado é uma única semente em cada posição, denominado de erro de dosagem. O segundo tipo de erro é resultado de desvios na colocação das sementes com relação à posição

desejada e é chamado de erro de deposição. Foram considerados como fatores de erro de colocação e dosagem a variação na forma e tamanho das sementes, velocidade de semeadura, formato de mecanismo dosador e de deposição, nível de semente e formato do depósito, condições do sulco onde as sementes são depositadas e outros.

Os autores testaram uma semeadora de rotor inclinado com depósito duplo e dois rotores sincronizados para uma mesma linha de semeadura com sementes de amendoim. Foram feitos testes com fotodiodo e com correia para a contagem das sementes, fazendo variar a velocidade de semeadura, tamanho das sementes e nível de sementes no depósito para determinar os efeitos na precisão de dosagem e colocação das sementes. Concluíram que : a) altas velocidades de semeadura resultaram em mais falhas e maiores espaçamentos médios; b) sementes de menor tamanho resultaram em mais duplos, menos falhas, maiores erros de colocação e menor espaçamento médio; c) com a diminuição do nível de sementes no depósito as falhas e o espaçamento médio aumentaram; d) variações na fabricação dos rotores resultaram em diferenças altamente significativas na precisão de dosagem e colocação das sementes; e) comparação dos dados entre o experimento com fotodiodo logo após a saída das sementes das celas e o experimento com correia indicaram que as interações dentro do tubo condutor constituíram numa grande fonte de espaçamentos imprecisos.

MOREIRA et alii (1978) testaram em

laboratório três modelos de semeadoras de tração mecânica e seus respectivos três modelos na versão de tração animal, todas com dosadores de rotor horizontal, utilizando sementes de amendoim. Analisando a uniformidade de distribuição e a danificação mecânica das sementes, fizeram variar a velocidade de rotação dos rotores, tamanho das sementes e nível de sementes no depósito. Concluíram que a altura de sementes no depósito não influenciou significativamente no desempenho. A velocidade foi o parâmetro que mais influenciou no desempenho, onde as máquinas na versão de tração animal e dosadores idênticos às de tração mecânica apresentaram melhor uniformidade de distribuição e menos danificação mecânica.

RAZERA (1979) pesquisou o potencial de danificação de sementes de soja em três modelos de semeadoras comerciais, todas com dosador de rotor horizontal. Fazendo variar as velocidades com valor de 4, 6, 8, e 10 km/h as sementes foram passadas nos dosadores em laboratório, sendo em seguida analisado o percentual de quebras, pureza física, germinação, valor cultural e vigor. Os testes foram realizados em campo, sendo feita a avaliação das populações inicial e final e a produção de grãos.

O autor concluiu que as três semeadoras causaram danificação mecânica nas sementes. De forma geral as semeadoras não diferiram entre si quanto à intensidade de danos às sementes, sendo a velocidade de semeadura o

principal fator que afetou a intensidade de danos nas sementes.

Analisando, além de danos, a uniformidade de distribuição, NAVE e PAULSEN (1979), testaram 5 modelos comerciais de mecanismos dosadores para soja. Utilizaram dois modelos de dosadores contínuos, dois modelos de dosadores pressurizados e um de rotor horizontal. Observaram que todos desempenharam satisfatoriamente para a semeadura de soja com danos relativamente baixos .

Utilizando, respectivamente, variedades de sementes miúdas e graúdas, concluíram que as maiores foram mais suscetíveis aos danos mecânicos causados pelos dosadores. Não houve diferença significativa na uniformidade de distribuição entre os 5 mecanismos testados e o coeficiente de variação dos espaçamentos variou de 83 a 97 %.

BUTIERRES (1980) avaliou em laboratório a uniformidade de espaçamento e danificação mecânica de sementes de soja em três modelos de semeadoras comerciais, sendo uma com dosador contínuo tipo cilindro canelado, uma com dosador de rotor horizontal com celas oblongas e uma com dosador de rotor horizontal com celas circulares. Considerou como variáveis, além das semeadoras, a velocidade de deslocamento, posições das máquinas, tamanho das sementes e nível de sementes nos depósitos. Os resultados de uniformidade de espaçamento foram avaliados com base no cálculo do coeficiente de variação dos espaços

entre sementes. A danificação mecânica foi avaliada através da análise da germinação e danificação mecânica das plântulas originadas das sementes liberadas pelos dosadores.

Os resultados das análises efetuadas permitiram concluir que os fatores que mais influenciaram na uniformidade de espaçamento foram as semeadoras e o tamanho das sementes. Para as semeadoras de rotor horizontal, com a diminuição na altura de sementes nos depósitos aumentaram as uniformidades de espaçamento entre sementes, sendo este aumento maior para o dosador de celas oblongas. Para a semeadora de dosador contínuo tipo cilindro canelado o efeito foi inverso, diminuindo a uniformidade de distribuição com a diminuição da altura de sementes no depósito. Ainda, quanto a uniformidade de espaçamento, a melhor posição foi de 20° traseiros e a pior velocidade foi de 3,39 km/h , a mais baixa dentre as adotadas.

O fator que mais influenciou na percentagem de germinação foi o tamanho das sementes, havendo maior redução no poder germinativo para as menores sementes. A maior redução no poder germinativo das sementes ocorreu com a semeadora de rotor horizontal e celas oblongas. Ainda, a maior redução no poder germinativo ocorreu nas semeadoras com seus reservatórios cheios. Não houve relação entre a variação de velocidade e poder germinativo.

HALDERSON (1983) testou quatro modelos de

semeadoras comerciais, sendo uma com dosador de dedos preensores, uma com dosador de correia, uma com dosador de rotor vertical com dispositivo acelerador e uma com dosador de rotor vertical assistido por pressão de ar. Foi avaliada em laboratório a uniformidade de distribuição de sementes de feijão não selecionadas por tamanho, através da contagem de sementes depositadas sobre correia, numa extensão de 2.0 m

O autor concluiu que nenhuma semeadora manteve precisão de dosagem do número de sementes com menos de 5% de variação em torno do desejado variando a velocidade de 1.6 a 8.0 km/h. Com o aumento da velocidade a precisão na uniformidade de distribuição tendeu a diminuir. Tal precisão seria melhor definida como aleatória para as condições do teste, embora tenha ocorrido diferenças entre máquinas. A relação de diâmetro entre semente e cela influenciou na precisão de dosagem dos dosadores.

Em ensaio de semeadora de rotor inclinado de tração animal no Centro Nacional de Engenharia Agrícola - CENEA/MA, BRASIL (1984) foram testados os fatores velocidade, relação de transmissão para o acionamento do rotor e altura da semente no reservatório. Para soja foram obtidos coeficientes de variação dos espaços entre sementes de 66,6 a 82,2% e sementes em espaço normal de 34,1 a 45,7%

COSTA et alii (1984) testaram três mecanismos dosadores de motor horizontal disponíveis no mercado. Suas características de desempenho foram

analisadas em função da velocidade de deslocamento simulada em bancada e utilizando sementes de milho padronizadas. Foram analisadas a danificação mecânica, a taxa de descarga e a regularidade de distribuição longitudinal.

Os autores observaram que a danificação mecânica situou-se, em média, entre 4 e 5%, não tendo sido observada nenhuma tendência. A taxa de descarga apresentou uma redução de cerca de 10% entre as velocidades de 4.0 km/h e 10.0 Km/h para dois dos mecanismos. A distribuição longitudinal diferiu apenas entre as velocidades de 4.0 km/h e 10.0 km/h, com tendência semelhante entre os três mecanismos. O coeficiente de variação dos espaçamentos entre sementes aumentou com a velocidade, atingindo o valor de cerca de 80%, considerado excessivamente alto pelos autores.

Ao desenvolver uma semeadora de precisão para tração animal, GAZZOLA (1989) construiu um mecanismo dosador de correia. Utilizou correia de borracha com uma linha de celas para soja e uma escova giratória para a limpeza do excesso de sementes. No mecanismo a correia gira em sentido oposto ao deslocamento da semeadora no ponto de liberação da semente e com módulo igual a 40% da velocidade de avanço da semeadora.

Em testes de laboratório sobre correia com graxa foi avaliada a uniformidade de distribuição e a danificação mecânica. Os efeitos estudados foram o nível de sementes no reservatório, a velocidade de deslocamento e

a posição da semeadora em termos de inclinação lateral. Os resultados permitiram concluir que não houve efeito significativo dos fatores sobre a danificação mecânica e a uniformidade de distribuição longitudinal. Em todos os tratamentos a ocorrência de espaçamentos normais foi superior a 91,6% e o coeficiente de variação dos espaçamentos inferior a 33,8% .

Fazendo uma avaliação do desempenho de 9 modelos de semeadoras-adubadoras de milho nacionais, MANTOVANI e BERTAUX (1990), utilizaram parâmetros de campo como distribuição de adubo, densidade de semeadura, distribuição longitudinal e profundidade de semeadura. Para esses parâmetros foi estabelecido uma pontuação com objetivos de comparação. Dos 9 modelos 7 utilizavam mecanismo dosador de rotor horizontal, um com dedos preensores e um com mecanismo de rotor vertical pneumático.

Somente um dos modelos conseguiu um stand acima de 50.000 plantas/ha, valor considerado pelos autores como desejável. Com referência a velocidade todos os modelos foram sensíveis em relação a distribuição de sementes. Os modelos com os mecanismos de distribuição de dedos preensores e pneumático, considerados pelos autores como de precisão, não atingiram os níveis aceitáveis de desempenho.

A distribuição longitudinal resultante foi irregular e fora dos limites aceitáveis. Um dos prováveis fatores apontado foi a altura de queda das sementes após a

liberação pelo mecanismo dosador.

2.3. Dosadores verticais

BRANDT e FABIAN (1964) desenvolveram um mecanismo acelerador de sementes aplicado a semeadoras com dosador de rotor horizontal. O objetivo era contornar uma deficiência desse tipo de dosador, gerando velocidade relativa igual a zero entre a semente e o solo. O mecanismo consistia de um rotor vertical com celas uniformemente espaçadas e giro sincronizado com o giro do rotor horizontal. As sementes eram dosadas pelo dosador de rotor horizontal que as repassava para a parte superior do mecanismo acelerador. Esse, com o diâmetro associado à rotação, alojava as sementes nas celas e as lançava na parte inferior, no ponto de lançamento, à velocidade desejada.

CHANG (1965) desenvolveu e testou um dosador de rotor vertical com um rotor tipo anel externo de 320 mm de diâmetro, duas fileiras de celas, uma escova limpadora giratória de 80 mm de diâmetro e utilizando sementes de soja com folga mínima entre cela e semente de 0.4 mm. Nos testes utilizou uma caixa com leito de areia, deslocável sobre trilhos, fazendo variar sua velocidade e com o mecanismo dosador fixo em uma posição. Em outra etapa substituiu o leito de areia por uma superfície coberta de graxa sobre a caixa. Fez variar, ainda, a velocidade do

rotor, a velocidade da escova e o nível de grãos no depósito.

O autor concluiu que os efeitos de acúmulo e de corte de sementes foram completamente controlados pelo uso de uma escova giratória ao invés do método de limpador estacionário tipo raspador. Definiu ainda que a relação de velocidade igual a três entre a escova limpadora e o rotor, na faixa de velocidade das celas entre 0.025 e 0.250 m/s, bem como o nível de sementes no depósito, considerado a partir do eixo do rotor, acima de 140mm, surtiram melhores resultados. Com relação ao número de sementes, o coeficiente de variação correspondeu a valores de 2 a 8% na graxa e 5 a 15% na areia. Para o espaçamento o coeficiente de variação correspondeu a 10% na graxa e 8 a 15% na areia.

Com o objetivo de testar várias inovações em projetos de semeadoras de precisão aplicadas à semeadura de beterraba açucareira, AKYURT e TAUB (1966) construíram uma semeadora utilizando dosador vertical. Verificaram que as máquinas disponíveis no mercado possuíam mais de uma linha de celas nos rotores, sendo este um fator de irregularidade no espaçamento, e ainda, que com velocidades acima de 25 celas por segundo as falhas aumentavam proibitivamente. Com base nesses dados empregaram modificações de forma a melhorar o enchimento sob altas velocidades do rotor com uma única fila de celas. Para atingir esse objetivo desenvolveram um rotor de perfil em "V" com ângulo de 158° entre a base e as faces, de 220 mm

de diâmetro e com as celas localizadas entre as duas faces. Nas faces construíram ranhuras inclinadas e com a origem situada na linha de centro das celas. Com isso proporcionaram redução na velocidade relativa entre as celas e as sementes através do movimento das sementes direcionado para as celas. Em avaliações de laboratório, utilizando fitas de papel aderente, à velocidade de 1.8 m/s para espaçamento de 40 mm entre sementes, foi atingido um total de falhas de 2.7% e duplos de 13.5%, de acordo com critérios pré-estabelecidos que definiam falha como espaço entre sementes maior que 80 mm e duplo como espaço entre sementes menor que 20 mm. Os mesmos autores citam trabalhos anteriores que estabelecem 4% de falhas como limite genericamente aceito. Quanto ao índice de duplos consideraram elevado, embora pudesse ser reduzido, se desejado, através da eliminação, por corte ou raspagem, da segunda semente nas celas, por meio de uma roda raspadora rígida com ranhuras na periferia e com relação de velocidade entre 4 e 1 quando comparada com a do rotor. Tal prática foi adotada, porém as sementes cortadas foram consideradas nas avaliações de laboratório, o que em campo não aconteceria pois seriam sementes inviáveis.

Com o objetivo de oferecer aos pequenos agricultores, produtores de milho, amendoim e algodão na Índia, SANGE et alii (1970) desenvolveram uma semeadora-adubadora de rotor vertical para tração animal bastante simples e com o mecanismo dosador composto pelos

componentes básicos, quais sejam, rotor com celas específicas para cada cultura e uma escova fixa tipo pincel. As avaliações de laboratório com relação ao número de sementes por ponto e danos de sementes deram resultados considerados satisfatórios. Nas avaliações de campo a emergência de semeadura manual comparada com a da semeadora, bem como a pequena variação no espaçamento com relação a um valor pré-determinado, foram considerados como resultados aceitáveis.

Desenvolvendo um dosador de rotor vertical com um sistema acelerador de sementes para milho, KHAN e MCCOLLY (1971) concluíram que é possível o uso da força centrífuga para auxiliar na distribuição e ejeção das sementes, permitindo, inclusive, aumento na velocidade de semeadura. Enquanto em mecanismos de rotor horizontal de semeadoras comerciais foram obtidas velocidades de 500 a 900 celas por minuto, no mecanismo experimental essa velocidade atingiu 1550 celas por minuto para uma mesma eficiência em termos de falhas. A precisão de distribuição aumentou à medida em que a velocidade de distribuição também aumentava, dentro do limite de velocidade entre 400 e 1100 celas por minuto. Os danos às sementes atingiram um máximo de aproximadamente 1.5% com velocidades acima de 1200 celas por minuto.

JAFARI e FORNSTROM (1972) desenvolveram uma semeadora de precisão para beterraba açucareira que utilizava cones na periferia da roda motriz para fazer as

covas onde seriam alojadas as sementes com precisão de espaçamento e profundidade. O mecanismo dosador utilizado consistia de um tubo vertical onde se formava uma coluna simples de sementes. Um rotor vertical com uma fenda periférica seccionada em um ponto acionava uma janela na parte inferior do tubo captando uma semente. Após girar 180° a semente era lançada ao solo. A cada giro era captada uma única semente. Em testes de campo a velocidades de 4.83, 6.44 e 8.05 km/h não houve diferença significativa ao nível de 1% na média da deposição de sementes que ficou em 94% a 8.05 km/h. Não ocorreram danos, apenas alguma tendência a entupimento no tubo, o que evidenciou a necessidade ds sementes serem de tamanho uniforme e compatível com o diâmetro do tubo.

Visando solucionar problemas na implantação de experimentos que envolviam populações e espaçamentos de algodão, PARISH (1972) desenvolveu um mecanismo dosador vertical. A opção por dosadores de rotor vertical baseou-se no fato de que estes reduzem a largura de cada unidade e simplificam o acionamento por não necessitarem de ângulo com a roda acionadora. O mecanismo proposto consistiu de um rotor com dentes periféricos tipo serra encostado numa parede com os dentes inclinados para dentro e mergulhado na massa de sementes. No ponto de descarga, a 60° do ponto superior, havia um furo na parede por onde as sementes eram descarregadas com auxílio de um ejeter plástico. Os testes de laboratório mostraram que a velocidade do rotor é

crítica para a uniformidade de espaçamento. A altas velocidades as sementes eram arremessadas para cima. A vibração das altas velocidades indicou afetar a precisão de desempenho. Em testes de campo os espaçamentos produzidos não foram considerados aceitáveis, sendo recomendada a aplicação do princípio para outras culturas.

HEINEMAN et alii (1973) desenvolveram dois modelos de semeadoras de precisão usando como princípio a abertura de covas com dedos mecânicos e a colocação das sementes individualmente em cada cova. Em ambas as máquinas os autores utilizaram um mecanismo dosador de rotor vertical com carga interna e descarga externa. A carga era feita na parte inferior de um rotor com celas passantes e a descarga também na parte inferior, após um giro do rotor. Não é analisado o desempenho do mecanismo dosador.

OKUDO (1974) desenvolveu uma semeadora manual utilizando mecanismo dosador vertical para duas sementes de milho por cela. Para limpeza do excesso de sementes foi utilizado um limpador fixo. O diâmetro do rotor era de 76 mm com três celas e acoplado diretamente ao eixo de duas rodas de apoio e acionamento. Testes de laboratório mostraram que a dosagem, em média, foi de três sementes e não duas como o esperado. O espaçamento foi bom, alterando apenas quando do trancamento de sementes no limpador, o que provocava desligamento das rodas.

PEREZ (1978) afirma que para que seja de precisão, uma semeadora deve semear de grão em grão, não

deixando falhas e colocando as sementes a uma distância regular e profundidade uniforme. Essas condições dependem da qualidade da semeadora e da regularidade das sementes. A altura de descarga das sementes deve ser no máximo de 40 a 50 mm, o que é facilmente conseguido com semeadoras de rotor vertical. Cita que as semeadoras de rotor vertical disponíveis no mercado espanhol são apropriadas para velocidades de 3.6 a 5.0 km/h. Velocidades menores provocam espaçamentos duplos e maiores, falhas. Para conseguir máxima precisão, a velocidade das celas deve ser igual e contrária à da semeadora para que as sementes caiam impulsionadas apenas pela ação da gravidade. Nas semeadoras de rotor vertical é indispensável a uniformidade das sementes.

O autor afirma, ainda, que a precisão do sistema distribuidor é tanto maior quanto maior for o diâmetro do rotor para uma mesma distância entre celas. Cita que para aumentar a velocidade das máquinas, atingindo a faixa de 8.0 km/h, foi desenvolvido um sistema que utiliza um rotor pequeno e com dutos radiais ligados às celas. A extremidade de tais dutos forma um segundo rotor externo, com maior diâmetro e portanto com maior velocidade no lançamento das sementes.

WILSON (1980) deduziu equações que definem o erro no lançamento das sementes em mecanismos dosadores verticais. Os fatores que definem essas equações incluem a altura de queda, o raio do rotor e a velocidade relativa da

semente no ponto de lançamento. Pelas equações é definido o ponto ótimo de lançamento em função da velocidade do rotor e que corresponde aos valores experimentais. O autor conclui que a relação unitária entre a velocidade do rotor e da semeadora resulta num erro mínimo de deposição das sementes para um dado erro no lançamento, num ângulo de impacto ótimo e numa velocidade mínima de impacto para uma dada altura de queda. Afirma ainda que as menores alturas de queda resultam nas menores alterações no espaçamento e que o raio do rotor deve ser de 70 a 100 mm, sendo o ponto ótimo de lançamento, para velocidades do rotor de 2.0 a 3.0 m/s, 20° antes do ponto mais baixo do rotor.

Visando a aplicação em semeadora de tração animal, OGLIARI et alii¹ desenvolveram um mecanismo dosador de rotor vertical. O rotor, com 200 mm de diâmetro e de superfície periférica plana, apresenta 3 linhas de celas, cada uma respectivamente para milho, feijão e soja. Para a seleção por um dos tipos de grãos existem chapas, defletoras articuladas dentro do reservatório. Foi também utilizado um limpador de escova girando em sentido contrário ao rotor e com relação de velocidade periférica de 2:1.

OGLIARI, A. et alii. Estudo e desenvolvimento de mecanismos dosadores de precisão de máquinas semeadoras. Trabalho apresentado ao 18º Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Recife, 1989.

Os autores avaliaram a uniformidade de distribuição atingida pelo mecanismo dosador através da ocorrência de espaçamentos duplos, normais, falhos e de quantidade de sementes por metro linear. Analisaram também, a ocorrência de danificação mecânica. As velocidades ensaiadas variaram de 2,5 a 4,0 km/h e os resultados obtidos foram considerados satisfatórios quando comparados com a recomendação técnica. Com milho foram obtidos índices de espaços normais de 92,2 a 80,1% e danificação mecânica de 1,4 a 2,8%. Para feijão os espaços normais variaram de 83,8 a 72,0% com danificação mecânica de 1,8 a 4,2%. Já para a soja os espaços normais variaram de 69,0 a 48% e a danificação mecânica de 1,9 a 4,2%.

2.4. Efeitos da precisão de semeadura na produção

É amplo o trabalho de pesquisa visando definir os efeitos da densidade populacional e da uniformidade de espaçamento entre sementes na linha de semeadura sobre a produção para as diversas culturas comerciais. No entanto, normalmente é vinculado a objetivos específicos como a definição de espaçamentos para uma dada região e cultivar.

Ainda em 1931, Wiggans² citado por NAVE e PAULSEN (1979) estudou a importância do espaçamento entre linhas e a população em soja. Concluiu que as maiores produtividades eram atingidas com os arranjos de distribuição mais uniforme.

VAL et alii (1971) e SEDIYAMA et alii (1972) estudaram o efeito do espaçamento entre e dentro das linhas de semeadura sobre a produção e outras características em diferentes cultivares de soja em distintos locais no Estado de Minas Gerais - BR. Os trabalhos demonstraram grande variabilidade de resultados afetados principalmente pelos fatores cultivar e local.

KRALL et alii (1977) conduziram experimentos para determinar o efeito da variabilidade no espaçamento dentro da linha de semeadura na produção de milho irrigado em três diferentes locais em Kansas-USA. A produção de grãos diminuiu consistentemente com o aumento da variabilidade no espaçamento em dois locais. No terceiro houve ausência de relação entre os fatores. Os autores concluíram que a precisão na semeadura com redução na variabilidade do espaçamento entre plantas na linha pode aumentar a produção sem alterar a razão de semeadura.

As recomendações técnicas brasileiras para

WIGGANS, R.G. The influence of space and arrangement on the production of soybean planes. Agron. J. 31: 314-21, 1939.

a cultura do milho segundo Viana et alii³, citado por MANTOVANI e BERTAUX (1990), estabelecem as densidade de 40 a 60 mil plantas por hectare para a melhor produtividade. A recomendação genérica para adoção e regulação seria de 50 mil plantas por hectare.

Com referência à cultura da soja, BARNI e BERGAMASCHI (1981) e a FUNDAÇÃO CARGIL (1986) recomendam, genericamente, 400.000 plantas por hectare, como uma boa densidade de semeadura. Para o espaçamento entre linhas citam 600mm como valor mais utilizado e considerando o índice de germinação maior ou igual a 80%, resulta em 30 sementes por metro linear como valor médio recomendado.

VIANA, A.C. et alii. Práticas culturais. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. Sete Lagoas, MG. Cultura do Milho. Brasília, EMBRATER, 1983.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Desenvolvimento e construção do protótipo

Estipulou-se diversas variáveis visando definir a amplitude de utilização possível para o protótipo. Algumas dessas variáveis são intrínsecas ao projeto e outras são opções de uso e regulagens.

A primeira variável de projeto estabelecida foi o tipo de semente. Para racionalizar a quantidade de serviço adotou-se apenas um nível para a variável. Optou-se por trabalhar com soja, um grão que ao mesmo tempo tem formato esférico bastante uniforme, mas requer espaçamento pequeno. Esse espaçamento equivale, em média, de 4 a 5 vezes a maior dimensão das sementes. Para o milho, o espaçamento normalmente adotado equivale de 10 a 15 vezes a maior dimensão da semente.

O formato básico do mecanismo proposto está representado na Figura 1. O mesmo foi construído no Laboratório de Protótipos do Departamento de Máquinas Agrícolas da FEAGRI/UNICAMP.

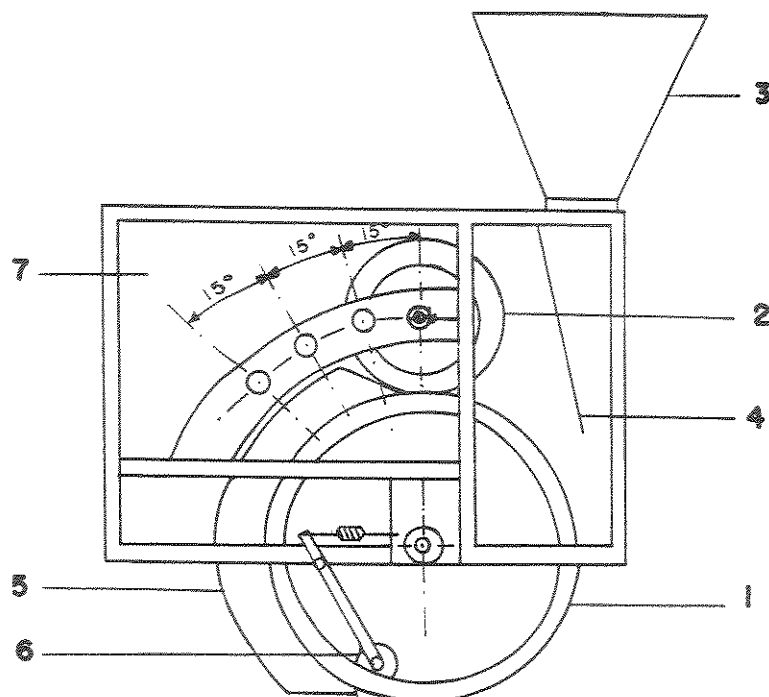


Figura 1 - Constituição orgânica básica do mecanismo dosador: 1. rotor, 2. limpador, 3. depósito, 4. defletor, 5. suporte, 6. ejetor, 7. parede de acrílico transparente.

3.2. Constituição básica do protótipo

3.2.1. Rotor

Foi proposto um rotor (no.1, fig.1) com 318 mm de diâmetro externo, o que proporcionou 100 celas espaçadas de 10 mm centro a centro em uma única linha. A esse rotor foi dada uma forma própria à semelhança do que foi utilizado por AKYURT e TAUB (1966). Na sua superfície externa adotou-se a faixa central, referente às celas, plana e de largura igual ao diâmetro das celas. Nas duas

faces laterais foi dada uma angulação de 30° com a horizontal dando um formato em "V" para a periferia do rotor, conforme é representado na Figura 2. Com esta elevação das faces laterais o diâmetro mais externo do rotor passou a ser de 329,5 mm.

Os mesmos autores comentam a utilização de estrias nas faces laterais do rotor para acelerar as sementes, auxiliando o enchimento das celas. Esta característica foi introduzida executando-se uma estria em cada face para cada cela. As estrias foram confeccionadas com origem no centro de cada cela com profundidade de 2 mm, formato circular de 9 mm de diâmetro e com ângulo de 25° com a linha de centro das celas.

O fator estrias foi adotado como uma das variáveis de projeto sendo posteriormente avaliado o seu efeito. Para isso, foram construídos dois rotores, um liso e outro estriado, os quais são mostrados na Figura 3. O material utilizado na confecção foi alumínio fundido em molde próprio e após usinado.

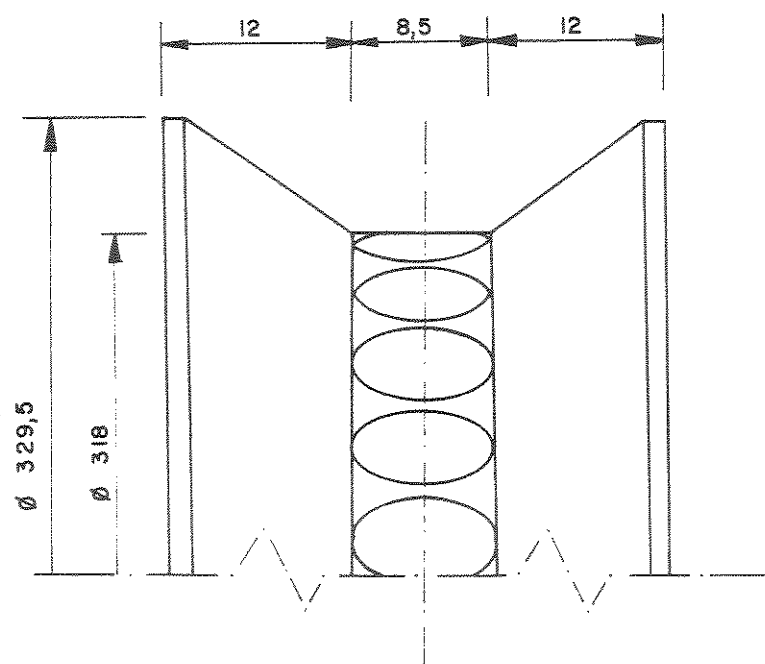


Figura 2 - Perfil do rotor representando as duas faces laterais com ângulo de 30° e a faixa central plana.

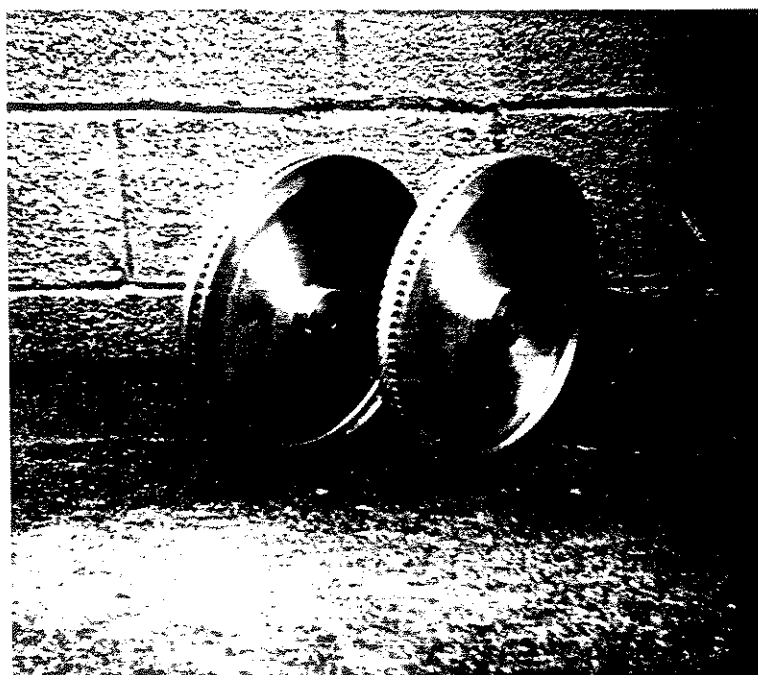


Figura 3 - Aspecto dos dois rotores construídos e testados; liso à esquerda e estriado à direita.

3.2.2. Celas

Para a furação do rotor foi previamente adquirida a semente. A variedade disponível foi a IAC- 8 tendo sido selecionada em máquina de peneiras de furos circulares. Foi utilizada peneira superior no. 19 (malha de 7,54 mm) e peneira inferior no.13 (malha de 5,16 mm).

Com o objetivo de abrigar uma semente em cada cela, as mesmas foram construídas com 8,5 mm de diâmetro e 7,7 mm de profundidade. Para o espaçamento de 10 mm centro a centro a distância mínima entre as bordas foi de 1,5 mm.

3.2.3. Limpador

Previu-se que a eliminação do excesso de sementes na região de enchimento das celas seria um dos pontos críticos do funcionamento do mecanismo. O processo de limpeza do excesso de sementes nas celas poderia ser basicamente estático, através de um raspador, ou dinâmico por meio de limpador giratório. Visando minimizar a ocorrência de danos às sementes optou-se pelo sistema dinâmico.

O tamanho e tipo de material do limpador giratório (no.2, fig.1) poderiam gerar inúmeras variações. Optou-se por um único tamanho em função das dificuldades para o deslocamento axial do centro do limpador em relação

ao centro do rotor. Definiu-se o diâmetro externo de 180 mm com perfil de encaixe em "V" externo, equivalente ao do rotor, em "V" interno.

Por desconhecer-se o comportamento de diferentes materiais optou-se por incluí-los como uma das variáveis de projeto. Confeccionou-se um limpador de borracha e um de escova de crina de cavalo, os quais são apresentados na figura 4.

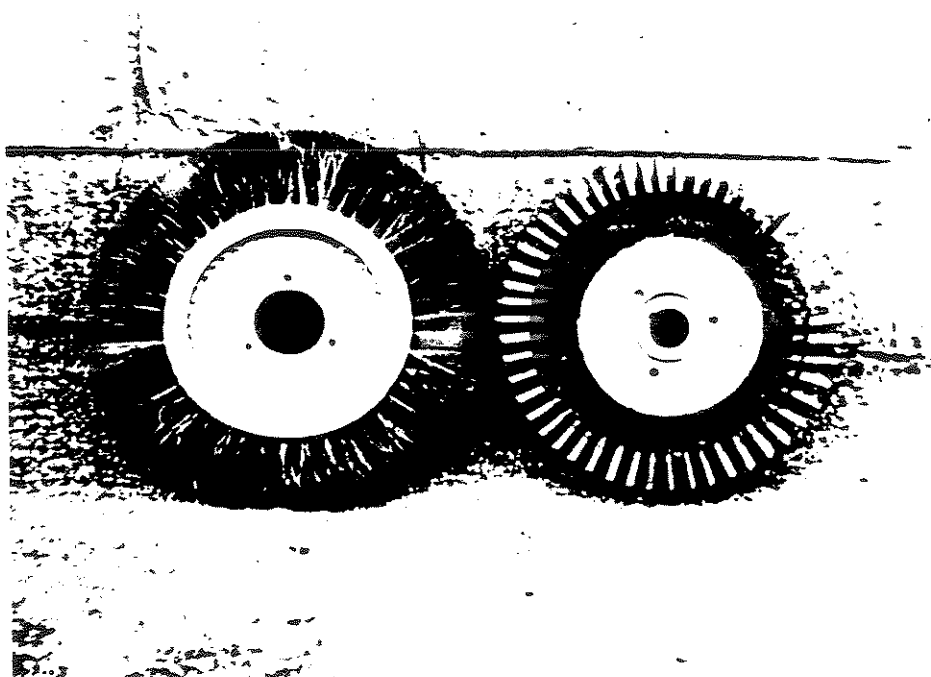


Figura 4 - Aspecto dos dois limpadores construídos e testados; de borracha à direita e de escova de crina de cavalo à esquerda.

O limpador de borracha foi cortado a partir de um lençol de 10 mm de espessura, colado em três camadas e usinado para dar a forma final. Por ter ficado excessivamente rígido efetuou-se cortes radiais de 30 mm de profundidade que resultaram em placas de aproximadamente 3 mm de espessura e com espaços entre as mesmas na mesma dimensão.

O limpador tipo escova foi confeccionado em um núcleo de madeira, com crinas de cavalo, de comprimento aproximado de 40 mm. A forma final de perfil em "V" externo foi obtida através de corte manual com tesoura.

A velocidade angular do limpador foi incluída como outra variável de projeto. Ela define em última análise, a velocidade relativa com que o elemento limpador atua sobre o excesso de sementes a serem removidas de dentro da cela.

O conjunto foi concebido de forma que a árvore do limpador fosse acionada pela árvore do rotor através de rodas denteadas e corrente de rolos. Para que fosse possível a variação de velocidade angular do rotor, foram montadas nas árvores do limpador e na árvore do rotor duas rodas denteadas com diferente número de dentes como é apresentado na Tabela 1. Isso resultou em três relações de transmissão com três velocidades distintas no limpador, para uma mesma velocidade de rotor.

Tabela 1 - Movimento tangencial relativo entre o limpador e o rotor.

Número de da roda	dentes denteada	Razão entre perímetros limpador / rotor	Razão entre velocidades tangenciais limpador/rotor*
árvore do rotor	árvore do limpador		
34	16		1,20
34	10	0,565	1,92
52	10		2,94

* Na faixa central referente às celas.

Outra variável de projeto relacionada ao limpador foi a sua posição angular em torno do rotor. As posições estipuladas foram de 0° , 15° , 30° e 45° da linha que une o centro da árvore do limpador e o centro da árvore do rotor com a vertical, na direção de giro do rotor.

3.2.4. Defletor

A região de enchimento das celas foi delimitada pelo defletor (no.4, fig.1). Com isso, eliminou-se ao máximo a influência do nível de sementes do reservatório no desempenho do mecanismo. O defletor permite, ainda, a formação de um espaço vazio defronte ao limpador para a livre movimentação do excesso de sementes liberadas por ele. A forma e posição do defletor foi uma variável de projeto testada e fixada na fase preliminar de

ajustes, sendo vinculada a outras variáveis como rotor, tipo, posição e velocidade angular do limpador.

3.2.5. Suporte

O suporte (no. 5, fig.1) tem a importante missão de manter a semente dentro da cela após a sua individualização até o ponto de lançamento. Nesse percurso a cela muda de posição e até o momento em que seu eixo longitudinal chegar à posição horizontal, a única componente que impulsiona a semente a sair dela é a força centrífuga. A partir daí passa a atuar também a componente peso da semente.

Para que a semente seja retida no interior da cela deve haver uma superfície fixa com folga suficiente para o livre deslocamento da superfície externa do rotor. Essa superfície externa do rotor em forma de "V" deve ser encaixada no suporte. Para a sua confecção foram testadas opções a partir de um suporte plano colando materiais plásticos internamente para moldar a fenda do encaixe.

Esta solução não atingiu a moldagem adequada para um bom ajuste. Optou-se então pela usinagem de madeira compensada com forma adequada ao encaixe com o rotor e folga de aproximadamente 1,0 mm.

O comprimento do arco variou em função da posição do limpador. Foram construídos, portanto, quatro suportes equivalentes às quatro posições do limpador.

3.2.6. Ejetor

As sementes em condição normal devem ser alojadas nas celas sem esforços externos. Com isso, o seu lançamento também deve ser espontâneo ao final do suporte. No entanto, algumas sementes podem se deslocar dentro das celas e serem pressionadas pelo suporte ou mesmo o processo de limpeza pode não retirar uma segunda semente da cela e ambas serem comprimidas pelo suporte. No ponto de lançamento essas sementes não cairão e a cela ficará preenchida comprometendo as próximas passadas.

Para evitar este tipo de problema e assegurar um ponto único para o lançamento das sementes foi montado um ejedor (no.6, fig.1) na forma de um disco de náilon girando em torno de seu centro. O disco fica alojado numa fenda de 2,5 mm de largura construída radialmente no rotor, de forma que seu fundo adentre 3 mm no fundo das celas conforme é representado na Figura 5.

O ponto de lançamento foi fixado a 20° antes do ponto mais baixo do rotor, conforme o recomendado por WILSON (1980). O ejedor foi acoplado de forma a não ser rígido. Foi fixado em um braço suporte em balanço com o disco em uma extremidade e uma mola na outra, presa à estrutura externa do mecanismo.

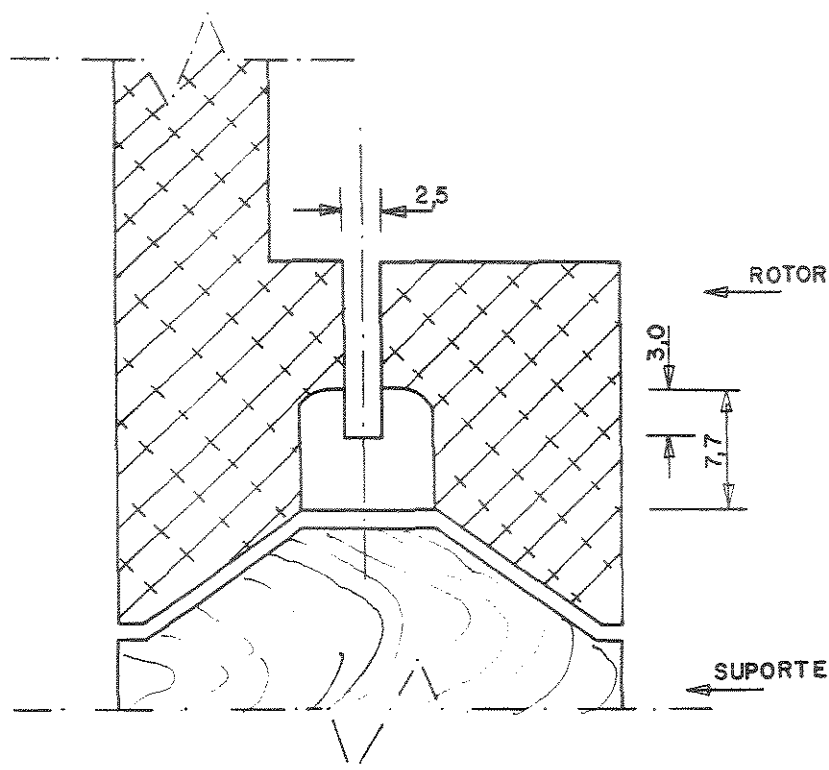


Figura 5 - Vista em corte do rotor representando a fenda pela qual se desloca o disco do ejetor e a posição do suporte.

3.2.7. Outros Componentes

Os elementos já mencionados foram montados em uma estrutura externa de cantoneiras de aço de 19 x 19 mm e fechada com chapa de aço de 3 mm de espessura de um lado. Do outro lado foi colocada uma parede de acrílico transparente para permitir a visualização quando em operação. Essa estrutura foi apoiada em um quadro de cantoneiras de aço de 38 x 38mm. No quadro foi fixada uma

árvore de acionamento do conjunto. A transmissão da árvore de acionamento para a árvore do rotor foi fixada para duas relações através de rodas denteadas e corrente de rolos, o que permitiu a alteração de quantidade de celas por metro linear. Este fator corresponde ao espaçamento teórico entre sementes, conforme a apresentação na Tabela 2.

Foi construído também, um depósito com volume suficiente para os testes sendo que após a montagem o protótipo tomou a forma apresentada na Figura 6.

Tabela 2 - Espaçamentos teóricos entre sementes para diferentes relações de transmissão no acionamento do rotor.

Número de dentes da roda denteada		Celas por metro linear	Espaçamento teórico entre sementes (mm)
árvore de acionamento	árvore do rotor		
20	52	38,5	26,0
16	52	30,8	32,5

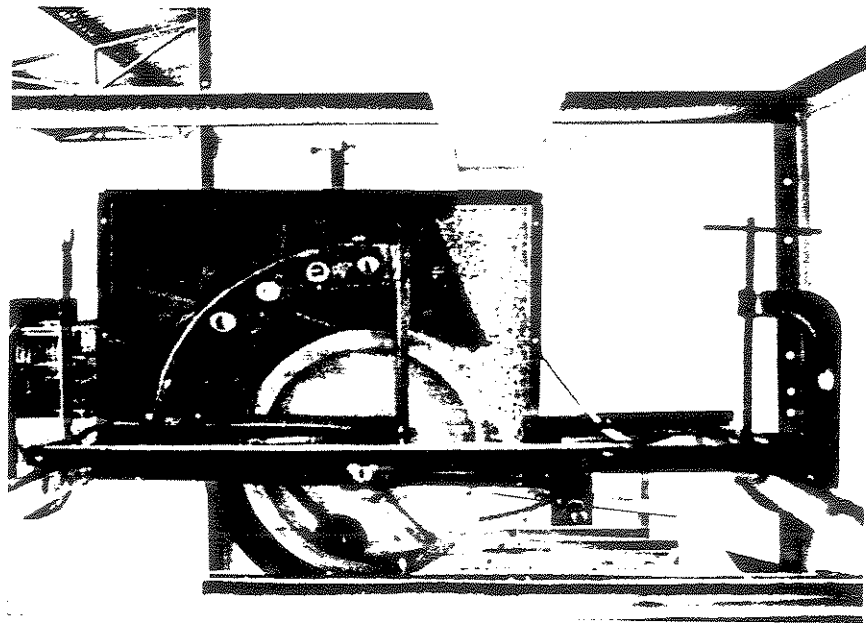


Figura 6 - Protótipo do mecanismo dosador totalmente montado e em condições de operação.

3.3. Avaliação do desempenho

3.3.1. Variáveis independentes

O protótipo sob o aspecto construtivo, poderia incorporar inúmeras variáveis e níveis. Os parâmetros de projeto e os tipos de materiais construtivos poderiam ser amplamente variados, o que possivelmente implicaria em variações no desempenho do mecanismo. Para tornar a avaliação viável e criteriosa, fixou-se alguns desses parâmetros e optou-se por trabalhar com aqueles julgados mais importantes. Foi incluída também a

variável velocidade por ser um fator de regulação de importância fundamental. As variáveis independentes utilizadas ao longo da avaliação e seus respectivos símbolos foram os seguintes:

- quantidade de celas por metro linear (Q);
- posição do limpador (P);
- tipo de limpador (L);
- velocidade relativa limpador/rotor (I);
- tipo de rotor (R);
- velocidade linear de semeadura (V).

3.3.2. Variáveis dependentes

Para avaliar o desempenho do mecanismo dosador considerou-se aspectos de precisão na dosagem e danificação causada às sementes pela passagem através do mecanismo. As variáveis dependentes adotadas foram:

- espaços duplos;
- espaços normais;
- espaços falhos;
- espaço médio entre sementes;
- coeficiente de variação dos espaços entre sementes;
- danos físicos;
- danos fisiológicos;
- danos totais.

Os espaços foram definidos conforme o critério estabelecido pela ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS

TÉCNICAS (1987), da seguinte maneira :

- duplos = espaço real < 0,5 x espaço teórico;
- normais = 0,5 x espaço teórico ≤ espaço real ≤ 1,5 x espaço teórico;
- falhos = espaço real > 1,5 x espaço teórico.

O espaço médio foi definido da seguinte maneira :

$$\bar{E} = \frac{\sum E_i}{n}$$

onde:

\bar{E} = espaço médio;

E_i = espaço entre duas sementes consecutivas quaisquer;

n = número de espaços entre sementes.

O coeficiente de variação foi definido como sendo :

$$CV = \frac{\sqrt{\frac{\sum (\bar{E} - E_i)^2}{n - 1}}}{\bar{E}} \times 100$$

onde:

CV = coeficiente de variação em percentual.

Os danos físicos foram determinados a partir da coleta de amostras de aproximadamente 100g do material passado pelo mecanismo dosador. As sementes com

algum tipo de dano visível foram separadas manualmente, pesadas e calculado o seu percentual sobre o total de cada amostra.

Para a determinação dos danos fisiológicos utilizou-se parte das sementes separadas, sem danos visuais, das mesmas amostras. Foram submetidas a teste de germinação conforme descrito em BRASIL (1976).

Os danos totais resultaram da totalização de danos físicos e danos fisiológicos de cada amostra.

3.3.3. Ensaio preliminares

O protótipo foi testado inicialmente sendo acionado por um motor variador, em bancada, no Laboratório de Protótipos do Departamento de Máquinas Agrícolas da FEAGRI/UNICAMP. Nesta etapa observou-se o funcionamento sob a influência dos diferentes níveis das diferentes variáveis independentes. As avaliações foram feitas apenas a partir de observações visuais e do fluxo de sementes.

Procurou-se, com isso, excluir níveis de variáveis independentes, inviáveis sob o ponto de vista funcional. Observou-se que a posição do limpador a 45° provocava enbuchamento devido ao excesso de sementes na região de enchimento, sendo portanto, eliminada.

Nesta fase foram também definidas as posições do defletor associadas a cada combinação das variáveis independentes. A sua forma foi definida a partir

de uma chapa plana inclinada de 75° para baixo com a horizontal, fixou-se várias posições lineares com menor ou maior afastamento em relação ao rotor.

3.3.4. Primeira fase

A partir desta etapa os testes passaram a ser executados na Divisão de Engenharia Agrícola do Instituto Agronômico, em Jundiaí - SP. Utilizou-se uma bancada de correia plana coberta com graxa e acionada por um motovariador, conforme é descrito por KURACHI et alii (1986). Na Figura 7 é mostrado o protótipo montado sobre a bancada.

Os testes foram divididos em duas fases para viabilizar a utilização de todas as variáveis independentes em todos seus níveis. Na primeira fase visou-se primeiramente observar o desempenho em bancada de correia plana. Elegeu-se, portanto, algumas variáveis independentes com um único nível, mantendo-se níveis diversos apenas para as variáveis de projeto.

Pretendeu-se com isso levantar informações que possibilitassem uma definição do protótipo para que na segunda fase fosse apenas avaliado o seu desempenho em diferentes condições de regulagem. As variáveis independentes e os níveis adotados na primeira fase são apresentados na Tabela 3.

Montou-se o protótipo sobre a bancada de ensaios de forma que a altura de queda das sementes, fosse igual a 80 mm. Para acionar o mecanismo através da árvore acionadora, foi adotada uma transmissão por corrente de elos estampados a partir da árvore da polia motora da correia plana.

Ao ser acionado o sistema, dava-se tempo suficiente para que o mecanismo entrasse em regime, recolhendo as sementes no ponto de lançamento. A partir daí as sementes passavam a cair sobre a correia, aderindo na graxa.

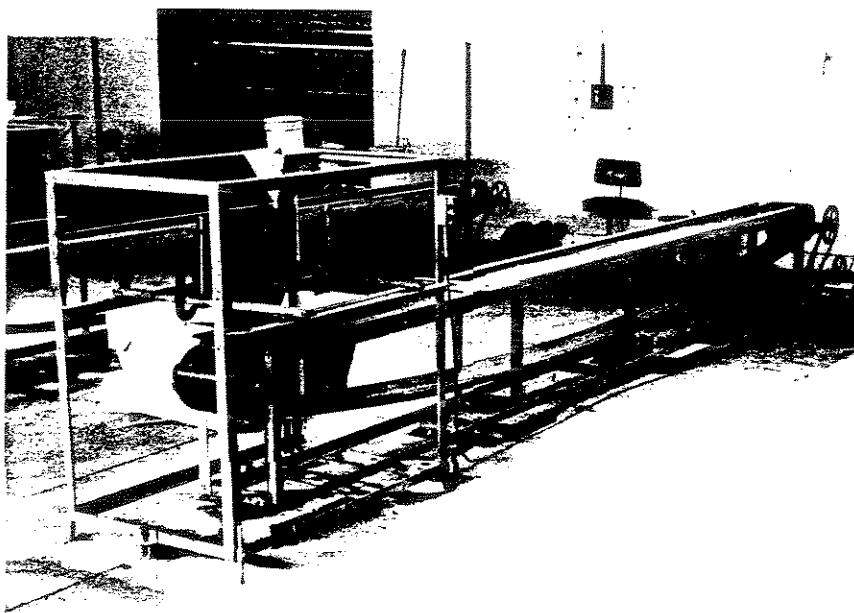


Figura 7 - Protótipo do mecanismo dosador montado sobre bancada de correia plana coberta com graxa, na Divisão de Engenharia Agrícola do Instituto Agronômico, em Jundiaí - SP.

Após a queda das sementes, o sistema era desligado para a leitura de 250 espaços entre sementes, seguindo a recomendação da ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1987).

Tabela 3 - Variáveis independentes e níveis adotados nos testes da primeira fase de avaliação do protótipo.

Variável independente	Nível
Q1	38,5 celas por metro linear
P1	0°
P2	15°
P3	30°
L1	Limpador de escova
L2	Limpador de borracha
I1	1,20
I2	1,92
I3	2,94
R1	Rotor liso
V1	1,39 m/s - 5,0 km/h

Foram adotadas 4 repetições em um delineamento inteiramente casualizado, conforme o arranjo apresentado na Tabela 4, resultando em 18 tratamentos.

Foram medidas as distâncias de cada semente a uma origem e posteriormente, a partir de um programa computacional elaborado por UROZ (1990), em planilha eletrônica, essas distâncias foram transformadas em espaçamentos entre sementes. Ao mesmo tempo os espaçamentos foram subdivididos em duplos, normais e falhos, sendo calculados também o espaçamento médio e o coeficiente de variação dos espaçamentos, conforme descrito anteriormente.

Para a avaliação de danos causados às sementes foi utilizada apenas a determinação de danos físicos. Foram coletadas 4 amostras referentes a 4 repetições. Como testemunha foram coletadas 4 amostras de sementes sem terem passado pelo mecanismo dosador.

Foi executada a análise de variância e nos casos de significância do teste "F" ao nível de 5% efetuou-se a comparação múltipla das médias através do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade utilizando o programa estatístico SANEST desenvolvido por ZONTA e MACHADO (1990). Para as variáveis espaços duplos, normais, falhos e danos físicos utilizou-se a transformação dos dados observados segundo o arco seno da raiz quadrada de $X/100$, permitindo assim, um melhor ajuste a uma distribuição normal, conforme STEEL e TORRIE (1981).

Tabela 4 - Diferentes combinações entre tipo, posição e velocidade relativa do limpador para composição dos 18 tratamentos dos testes referentes a primeira fase.

Tratamento Combinação				Tratamento Combinação			
1	L1	P1	I1	10	L2	P1	I1
2	L1	P1	I2	11	L2	P1	I2
3	L1	P1	I3	12	L2	P1	I3
4	L1	P2	I1	13	L2	P2	I1
5	L1	P2	I2	14	L2	P2	I2
6	L1	P2	I3	15	L2	P2	I3
7	L1	P3	I1	16	L2	P3	I1
8	L1	P3	I2	17	L2	P3	I2
9	L1	P3	I3	18	L2	P3	I3

3.3.5. Segunda fase

Com as definições conseguidas na primeira fase foram organizados os testes finais fixando, tanto quanto possível, as variáveis de projeto. Foram testados os tipos de rotor e de limpador e adotou-se 4 níveis de velocidade de trabalho desde os valores normalmente resultantes do uso de tração animal como fonte de potência até os valores adotados em semeadoras tratorizadas. As variáveis independentes e seus respectivos níveis adotados na segunda fase são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Variáveis independentes e níveis adotados nos testes da segunda fase de avaliação do protótipo.

Variável independente	Nível
Q2	30,8 celas por metro linear
P1	0°
L1	limpador de escova
L2	limpador de borracha
I3	2,94
R1	rotor liso
R2	rotor estriado
V2	0,56 m/s - (2,0 Km/h)
V3	1,11 m/s - (4,0 Km/h)
V4	1,67 m/s - (6,0 Km/h)
V5	2,22 m/s - (8,0 Km/h)

Os testes foram conduzidos nos mesmos moldes que na primeira fase. Somente foi reduzido o número de pontos amostrais para 100 espaços entre sementes, tendo como base o comportamento observado na primeira fase.

Foi acrescentada a determinação de danos fisiológicos, que juntamente com a variável danos físicos passou a ter 5 repetições. Como testemunha foram colhidas 5 amostras de sementes sem terem passado pelo mecanismo dosador.

Foi definido um delineamento estatístico inteiramente casualizado com 16 tratamentos, conforme é

apresentado na Tabela 6. A análise estatística foi feita através de um arranjo fatorial incluindo todas as variáveis dependentes já apresentadas. Para as variáveis espaços duplos, normais, falhos, danos físicos, fisiológicos e totais, utilizou-se a transformação dos dados observados segundo o arco seno da raiz quadrada de $X/100$, permitindo assim o tratamento dos dados como de distribuição normal, conforme STEEL e TORRIE (1960).

Tabela 6 - Diferentes combinações para a composição dos 16 tratamentos dos testes referentes à segunda fase.

Tratamento	Combinação	Tratamento	Combinação
1	R1 L1 V2	9	R2 L1 V2
2	R1 L1 V3	10	R2 L1 V3
3	R1 L1 V4	11	R2 L1 V4
4	R1 L1 V5	12	R2 L1 V5
5	R1 L2 V2	13	R2 L2 V2
6	R1 L2 V3	14	R2 L2 V3
7	R1 L2 V4	15	R2 L2 V4
8	R1 L2 V5	16	R2 L2 V5

Foi efetuada a análise de variância e nos casos de significância do teste "F" ao nível de 1% executou-se o teste de Tukey, também ao nível de 1% para a comparação múltipla das médias no caso das variáveis independentes qualitativas (tipo de rotor e de limpador).

Para a variável independente quantitativa (velocidade) efetuou-se a análise de regressão polinomial até o segundo grau, nos casos de significância do teste "F", obtendo-se assim a equação de regressão correspondente. Os programas estatísticos adotados foram os mesmos da primeira fase.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Ensaio preliminares

Nos primeiros testes realizados em bancada fixa, acionando o protótipo com um motovariador, observou-se a viabilidade de funcionamento nas diferentes combinações, através de avaliação visual. Detectou-se pequenos problemas de ajustes, principalmente do suporte e do ejetor, logo corrigidos.

Com relação as variáveis e suas diferentes combinações, observou-se que todas as opções, à exceção da posição do limpador a 45° , funcionaram com relativa uniformidade no fluxo de sementes. Esta posição, com qualquer nível das demais variáveis independentes, apresentou problemas de acúmulo de sementes na região de enchimento. O excesso de sementes eliminado pelo limpador não era lançado distante o suficiente para impedir o embuchamento. Com isso o limpador apresentava tendências de travar, além de causar danos físicos elevados.

A posição do limpador a 45° , a princípio, oferecia um maior arco de rotor em contato com as sementes resultando em uma maior região de enchimento. Porém o fato

de provocar o acúmulo de sementes na interface rotor-limpador fez com que esse nível da variável posição do limpador fosse eliminado.

4.2. Primeira fase

A análise de variância dos dados obtidos na primeira fase resultou nos valores de "F" apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Valores de "F" e graus de liberdade para tratamentos e resíduo resultantes da análise de variância dos dados da primeira fase para as diferentes variáveis dependentes.

Variável dependente	Graus de liberdade		Valor de "F"
	Tratamento	Resíduo	
Duplos	17	54	3,7954*
Normais	17	54	2,0210
Falhos	17	54	1,4859
Espaço médio	17	54	8,3316*
Coefficiente de variação	17	54	3,3901*
Danos físicos	18	57	2,8243*

* Significativo ao nível de 5%.

Os valores das médias originais de todas as variáveis dependentes estão apresentadas na Tabela 8 juntamente com os resultados das comparações múltiplas através do teste de Tukey.

Tabela 8 - Médias originais de todas as variáveis dependentes avaliadas na primeira fase.

Trat.	Duplos Normais (%)	Falhos (%)	Esp. médio (mm)	G.V. (%)	Danos físicos (%)
1	20,1ab	59,7a	20,2a	26,7 b	59,8ab 1,0 cde
2	16,1ab	65,1a	18,8a	26,7 b	54,4abc 0,7 de
3	16,7ab	63,8a	19,5a	26,6 b	61,2a 0,4 e
4	21,1a	58,0a	20,9a	25,4 cd	58,3abc 2,7 bc
5	21,0a	59,5a	19,3a	26,1 bcd	58,3abc 0,9 cde
6	18,1ab	63,1a	18,8a	26,1 bc	57,3abc 0,7 de
7	20,3ab	63,3a	16,4a	24,9 d	59,0abc 11,1a
8	16,1ab	66,5a	17,4a	25,9 bcd	53,2 bc 4,9 b
9	15,9ab	66,4a	17,7a	26,0 bcd	51,4 c 2,7 bc
10	18,1ab	62,0a	19,9a	26,7 b	60,1ab 1,0 cde
11	16,2ab	64,5a	19,3a	26,8 b	54,9abc 0,8 de
12	15,4 b	62,7a	21,9a	28,0a	55,6abc 0,8 de
13	21,2a	58,5a	20,3a	25,7 bcd	60,1ab 1,5 cde
14	18,0ab	60,1a	21,0a	26,3 bc	55,9abc 1,1 cde
15	17,9ab	61,3a	20,8a	26,2 bc	53,8abc 1,4 cde
16	19,9ab	60,4a	19,7a	26,3 bc	57,0abc 2,1 cd
17	19,5ab	59,7a	20,8a	26,1 bc	57,9abc 0,8 de
18	16,4ab	63,5a	20,1a	26,7 b	54,3abc 1,4 cde
Test.	-	-	-	-	0,5 e

Obs.: Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Observa-se que não houve diferença significativa entre vários tratamentos para as variáveis duplos, espaço médio, coeficiente de variação e danos físicos. Já para as variáveis normais e falhos não houve diferença significativa entre todos os tratamentos. Onde ocorreram diferenças significativas houve alguma tendência de melhor desempenho, com relação às variáveis e respectivos níveis testados, para o limpador de borracha nas posições de 0° e 15° e relações de transmissão de 1:3,4 e 1:5,2.

Não ficou evidente a melhor combinação ou grupo de combinações que permitisse definir o melhor nível para as variáveis de projeto testadas. Por isso e pelo fato de ser incluído o rotor estriado na segunda fase, optou-se por manter os dois tipos de limpadores na sequência dos testes. A interação entre os tipos de rotores e de limpadores presumivelmente seria grande.

4.3. Segunda fase

4.3.1. Informações preliminares

Para os testes desta fase reduziu-se o número de pontos amostrais para 100, após a análise de comportamento dos dados da primeira fase. Para isso foram tomados dois tratamentos aleatoriamente e dentro deles uma repetição também aleatória. Determinou-se o coeficiente de

variação dos espaçamentos a intervalos iguais, retirando 10% dos pontos amostrais, a partir do final, para cada intervalo. Simulou-se assim, amostras de 250 até 25 pontos amostrais. Quando plotados em gráficos (anexo 1) os valores do coeficiente de variação e o número de pontos amostrais, observou-se que a partir de 100 pontos o coeficiente de variação tendeu a estabilizar-se.

A análise de variância dos dados da segunda fase, em esquema fatorial, foi dividida em dois grupos. No primeiro estão as variáveis referentes a uniformidade de distribuição e no segundo as que se referem a danos.

4.3.2. Uniformidade de distribuição

Na Tabela 9 é apresentada a síntese da análise de variância dos dados da segunda fase para as variáveis referentes á uniformidade de distribuição. Observa-se que os fatores rotor e velocidade foram os únicos significativos para todas as variáveis testadas. Já o fator limpador foi significativo apenas para as variáveis duplos e espaço médio. As interações duplas entre rotores e limpadores e entre limpadores e velocidades foram significativas para todas variáveis com exceção da variável duplos e a interação entre rotores e velocidades foi significativa apenas para a variável espaço médio. A interação entre os três fatores também foi significativa apenas para a variável espaço médio.

Tabela 9 - Síntese da análise da variância dos dados da segunda fase para as variáveis referentes à uniformidade de distribuição (duplos, normais falhos, espaço médio e coeficiente de variação).

Causas de variaç.	Graus de liberd.	Quadrado			Médio	
		Duplos	Normais	Falhos	Esp. médio	C.V.
R	1	426,55*	816,60*	203,00*	12,53*	2343,64*
L	1	93,69*	12,61	7,43	123,49*	40,68
V	3	229,54*	1299,19*	1085,88*	176,72*	2188,14*
RxL	1	0,56	85,61*	148,05*	91,78*	175,34*
RxV	3	34,60	1,20	32,64	73,23*	5,85
LxV	3	3,60	62,64*	109,36*	37,87*	80,74*
RxLxV	3	15,55	19,12	20,72	15,28*	8,62
Resíduo	48	9,41	11,91	8,70	1,44	18,63
Coeficiente de variação (%)		13,18	6,18	12,99	3,56	8,16

* Significativo ao nível de 1%.

No apêndice 2 são apresentadas as médias de todas as interações para todas as variáveis referentes à uniformidade de distribuição. Na Tabela 10 são apresentadas as médias das variáveis referentes à uniformidade de distribuição em que houve significância para o fator rotor. Evidencia-se o melhor desempenho para o

rotor liso quando comparado com o rotor estriado em todas variáveis utilizadas para caracterizar a uniformidade de distribuição. Essa constatação se opõe ao que era esperado, conforme o descrito por AKIURT e TAUB (1966), com respeito à utilização de estrias nas faces laterais às celas na periferia do rotor.

Na Tabela 11 são apresentadas as médias das variáveis referentes à uniformidade de distribuição em que houve significância para o fator limpador. Essa significância só se verificou para as variáveis duplos e espaço médio, sendo que o menor índice de duplos ocorreu com o limpador de escova. Porém o mesmo apresentou o espaço médio maior e mais distante do valor teórico de 32,5 mm.

Tabela 10 - Médias das variáveis referentes à uniformidade de distribuição em que houve significância pelo teste "F" para o fator rotor.

Causa de variaç.	Número de repet.	Duplos (%)	Normais (%)	Falhos (%)	Esp. médio (mm)	C.V. (%)
R1	32	12,7 b	74,4a	12,9 b	33,3 b	46,9 b
R2	32	19,4a	62,9 b	17,7a	34,2a	59,0a

Obs.: Médias seguidas de letras distintas diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 11 - Média das variáveis referentes à uniformidade de distribuição em que houve significância pelo teste "F" para o fator limpador.

Causa de variação	Número de repetições	Duplos (%)	Espaço médio (mm)
L1	32	14,1 b	35,1a
L2	32	17,2a	32,3 b

Obs.: Médias seguidas de letras distintas diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Na Tabela 12 são apresentadas as médias das variáveis referentes à uniformidade de distribuição em que houve significância para o fator velocidade. Observa-se que o fator velocidade afetou o desempenho da máquina resultando em índices relativamente piores para as variáveis normais, falhos e coeficiente de variação a medida em que a velocidade passou de 0,56 m/s para 2,22 m/s. Para a variável duplos essa diferença só foi significativa de 0,56 m/s para 1,11 m/s e para a variável espaço médio só não foi significativa entre estes dois níveis de velocidade. Nas figuras 8 a 12 são apresentados os gráficos das regressões polinomiais para o fator velocidade correspondente às variáveis duplos, normais, falhos, espaço médio e coeficiente de variação. Tais polinômios vão no máximo ao segundo grau, sendo

apresentados nas figuras correspondentes, juntamente com os respectivos coeficientes de correlação.

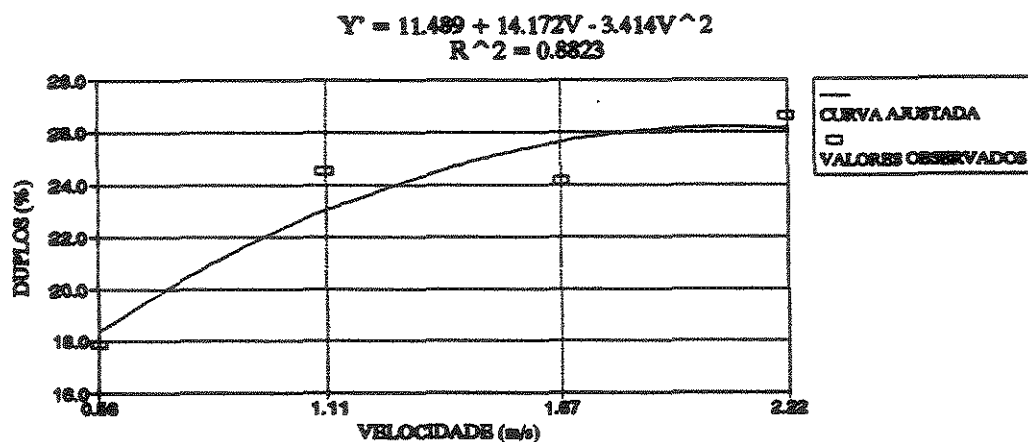
Os resultados observados correspondem com o mencionado pela maioria dos autores citados anteriormente onde a velocidade é um fator que provoca efeitos significativamente negativos no desempenho de mecanismos dosadores na medida em que aumenta.

Na Tabela 13 são apresentadas as médias das variáveis referentes à uniformidade de distribuição em que houve significância para as interações entre os fatores rotor e limpador. Para os tipos de limpadores dentro do rotor liso apenas o coeficiente de variação diferiu significativamente, sendo menor para o limpador de escova. Ainda, para os tipos de limpadores dentro de rotor estriado, as variáveis falhos e espaço médio foram menores para o limpador de borracha. Para os tipos de rotores dentro de limpador de escova, para todas variáveis em que houve diferença significativa, os índices foram favoráveis ao rotor liso. Da mesma forma, para o limpador de borracha, apenas o índice de normais e o coeficiente de variação foram significativos e melhores para rotor liso. O espaço médio ficou acima e abaixo do valor teórico de 32,5 mm, respectivamente para o rotor liso estriado.

Tabela 12 - Médias das variáveis referentes à uniformidade de distribuição em que houve significância pelo teste "F" para o fator velocidade.

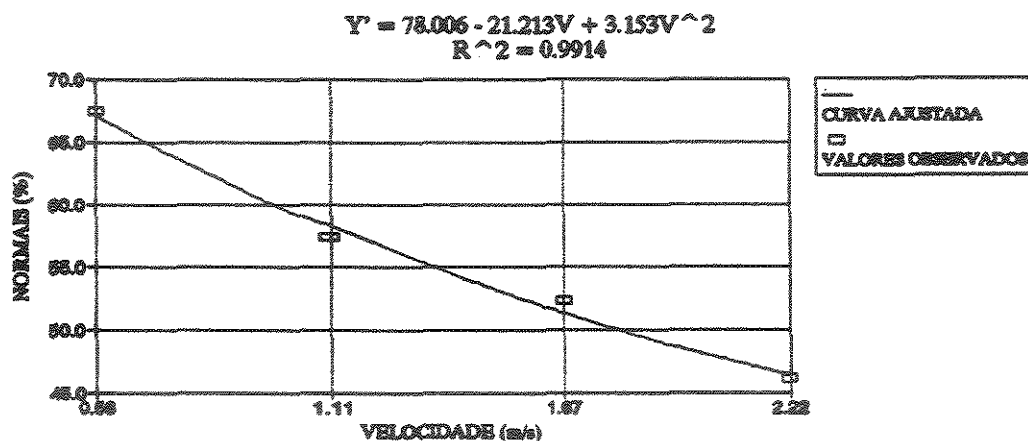
Causa de var.	Núm. de rep.	Duplos (%)	Normais (%)	Falhos (%)	Espaço Médio (mm)	C.V. (%)
V2	16	9,4 b	85,3a	4,8 d	30,9 c	38,4 d
V3	16	17,2a	70,9 b	11,5 c	31,4 c	50,8 c
V4	16	16,7a	62,7 c	20,1 b	34,5 b	56,0 b
V5	16	20,1a	52,0 d	27,5a	38,1a	66,5a

Obs.: Médias seguidas da mesma letra não diferem significamente pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

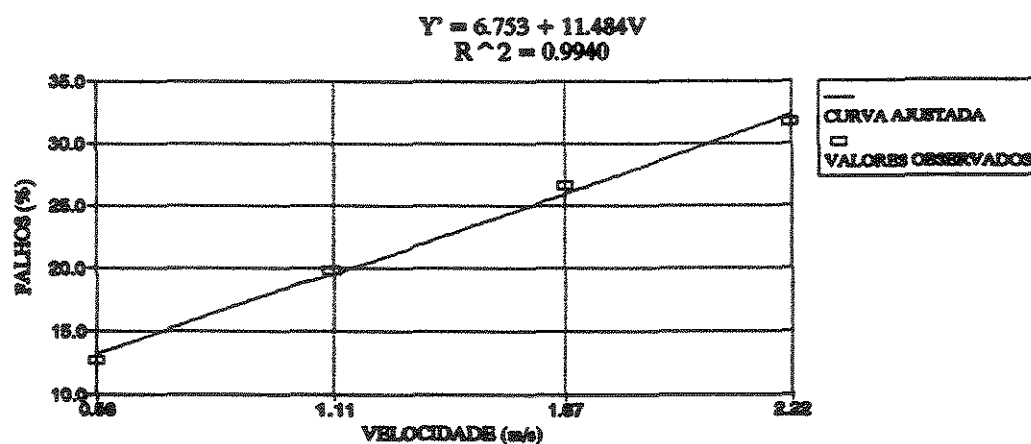


Obs. Valores de Y transformados para $Y' = \arcsen \sqrt{Y/100}$

Figura 8 - Curva da equação polinomial da variável duplos para o fator velocidade.



Obs. Valores de Y transformados para $Y' = \arcsin \sqrt{Y/100}$
 Figura 9 - Curva da equação de regressão polinomial da
 variável normais para o fator velocidade.



Obs. Valores de Y transformados para $Y' = \arcsin \sqrt{Y/100}$
 Figura 10 - Curva da equação de regressão polinomial da
 variável falhos para o fator velocidade.

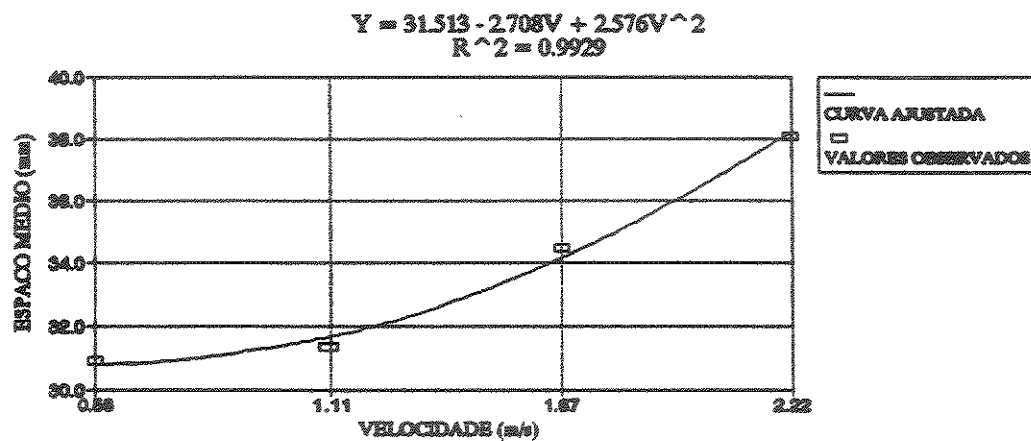


Figura 11 - Curva da equação de regressão polinomial da variável espaço médio para o fator velocidade.

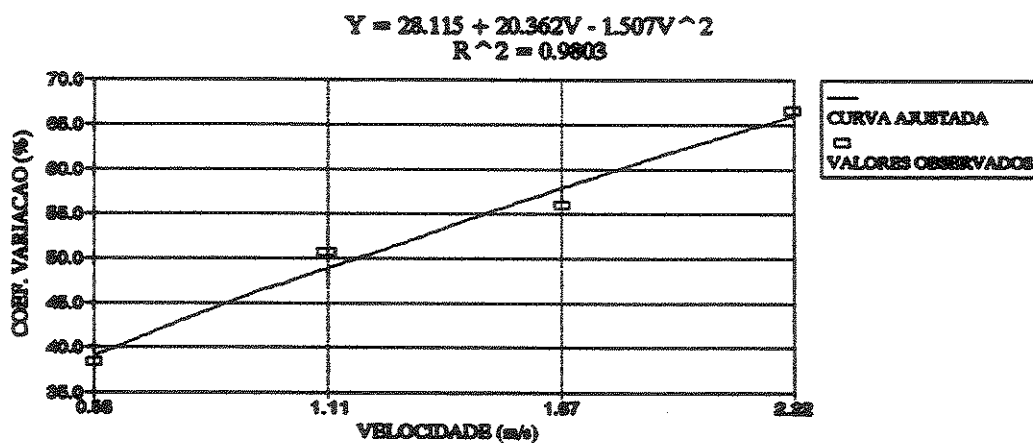


Figura 12 - Curva da equação de regressão polinomial da variável coeficiente de variação para o fator velocidade.

Tabela 13 - Médias das variáveis referentes à uniformidade de distribuição em que houve significância pelo teste "F" para as interações entre os fatores rotor e limpador.

Causas de variaç.		Número de repet.	Normais (%)	Falhos (%)	Esp. médio (mm)	C. V. (%)
R1	L1	16	76,5a	11,4a	33,5a	44,4 b
	L2	16	71,6a	14,2a	33,1a	49,3a
R2	L1	16	61,3a	19,7a	36,7a	59,8a
	L2	16	63,7a	14,8 b	31,6 b	58,1a
L1	R1	16	76,5a	11,4 b	33,5 b	44,4 b
	R2	16	61,3 b	19,7a	36,7a	59,8a
L2	R1	16	71,6a	14,2a	33,1a	49,3 b
	R2	16	63,7 b	14,8a	31,6 b	58,1a

Obs.: Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Na Tabela 14 são apresentados os valores de espaço médio entre sementes para as interações entre os fatores rotor e velocidade. Observa-se que essa foi a única variável significativa e para o rotor liso a diferença só se evidenciou entre os níveis de velocidade de 1,11 m/se

2,22 m/s, ficando seu valor sempre próximo do valor teórico de 32,5 mm. Para o rotor estriado as diferenças foram mais acentuadas com valores abaixo do teórico para 0,56 m/s e 1,11 m/s e acima deste para 1,76 m/s e 2,22 m/s.

Com relação aos tipos de rotores dentro dos níveis de velocidade a diferença sempre foi significativa. O rotor liso, em todos os casos, apresentou valores de espaço médio mais próximos do teórico quando comparados com os referentes ao rotor estriado.

As regressões polinomiais apresentadas nas Figuras 13 e 14 evidenciam o aumento do espaço médio entre sementes com o aumento da velocidade, tanto para o rotor liso quanto para o estriado.

Na Tabela 15 são apresentadas as médias das variáveis referentes à uniformidade de distribuição em que houve significância para as interações entre os fatores limpador e velocidade. Observa-se que a interação entre esses dois fatores só não foi significativa para a variável duplos. As demais variáveis indicaram decréscimo na qualidade de desempenho com a elevação da velocidade, tanto para o limpador de escova como para o limpador de borracha.

Para as velocidades de 0,56 m/s e 1,11 m/s o limpador de escova teve melhor desempenho que o limpador de borracha em todas variáveis em que houve diferença significativa. Já para as velocidades de 1,67 m/s

Tabela 14 - Médias da variável espaço médio para as interações entre os fatores rotor e velocidade.

Causas de variação		Número de repetições	Espaço médio (mm)
R1	V2	8	32,5 b
	V3	8	32,4 b
	V4	8	33,3ab
	V5	8	35,0 a
R2	V2	8	29,4 c
	V3	8	30,3 c
	V4	8	35,7 b
	V5	8	41,2a
V2	R1	8	32,5a
	R2	8	29,4 b
V3	R1	8	32,3a
	R2	8	30,3 b
V4	R1	8	33,3 b
	R2	8	35,7a
V5	R1	8	35,0 b
	R2	8	41,2a

Obs.: Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

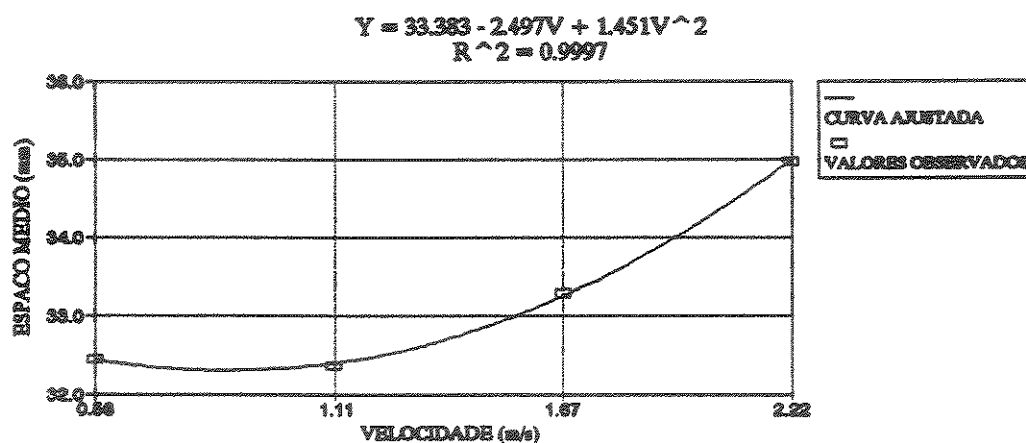


Figura 13 - Curva da equação de regressão polinomial da variável espaço médio para o rotor liso dentro dos níveis de velocidades ensaiados.

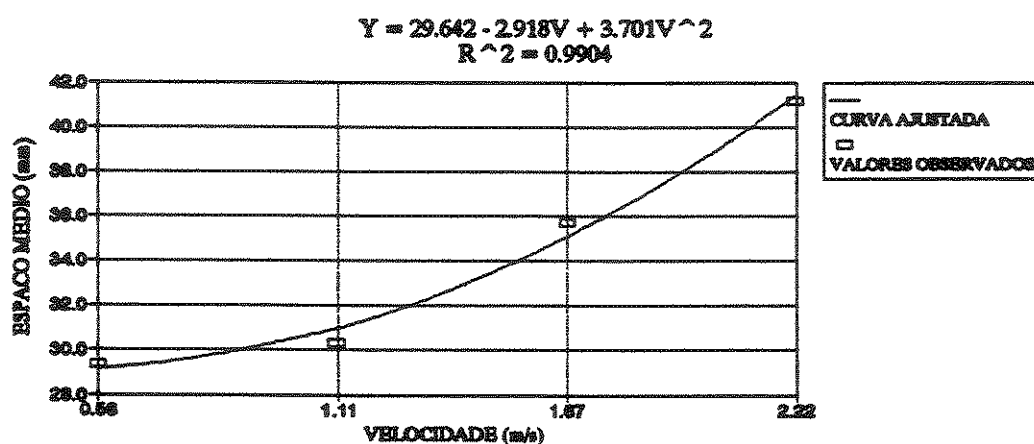


Figura 14 - Curva da equação de regressão polinomial da variável espaço médio para o rotor estriado dentro dos níveis de velocidades ensaiadas.

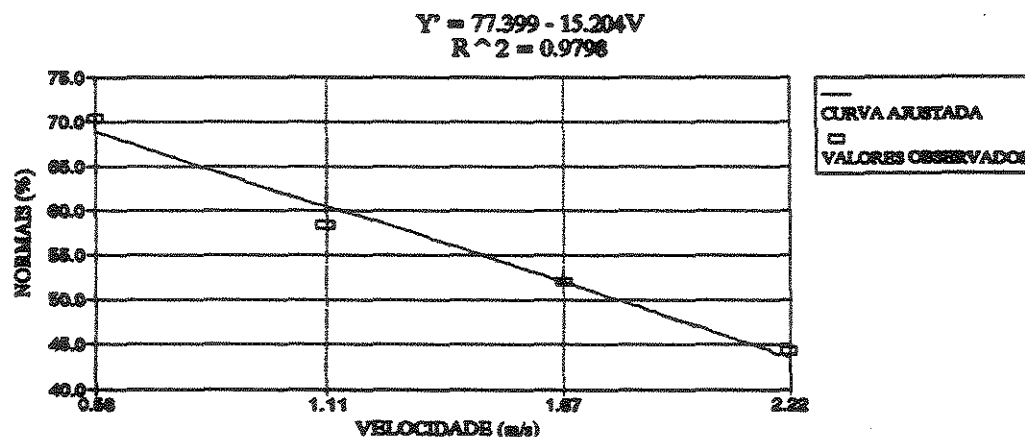
Tabela 15 - Médias das variáveis referentes à uniformidade de distribuição em que houve significância pelo teste "F" para as interações entre os fatores limpador e velocidade.

Causas de variaç.		Número de repet.	Normais (%)	Falhos (%)	Espaço médio (mm)	C.V. (%)
L1	V2	8	88,7a	3,0 d	31,0 c	34,9 c
	V3	8	72,5 b	10,7 c	31,5 c	50,6 b
	V4	8	62,1 c	22,9 b	36,8 b	54,7 b
	V5	8	48,9 d	32,3a	41,1a	68,4a
L2	V2	8	81,5a	7,2 c	30,9 b	41,9 c
	V3	8	69,4 b	12,3 b	31,3 b	50,9 b
	V4	8	63,2 bc	17,5ab	32,2 b	57,4 b
	V5	8	55,0 c	23,0a	35,0a	64,7a
V2	L1	8	88,7a	3,0 b	31,0a	34,9 b
	L2	8	81,5 b	7,2a	30,9a	41,9a
V3	L1	8	72,5a	10,7a	31,5a	50,6a
	L2	8	64,9a	12,4a	31,3a	50,9a
V4	L1	8	62,1a	22,9a	36,8a	54,7a
	L2	8	63,2a	17,5a	32,2 b	57,4a
V5	L1	8	48,8a	32,3a	41,1a	68,4a
	L2	8	55,0a	23,0ab	35,0 b	64,7a

Obs.: Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

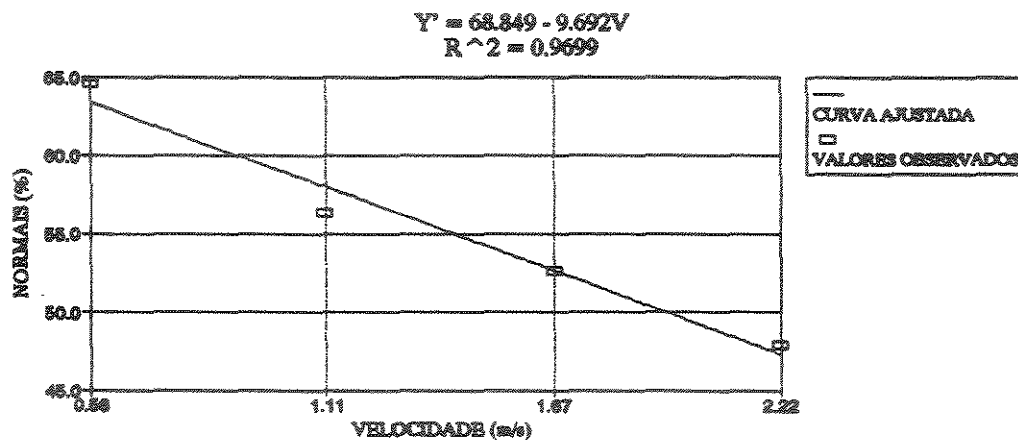
e 2,22 m/s essa tendência se inverteu, porém uma e duas variáveis, respectivamente, apresentaram diferença significativa.

Nas Figuras 15 a 22 são apresentados os gráficos das regressões polinomiais para as interações entre os fatores velocidade e limpador correspondentes às variáveis normais, falhos, espaço médio e coeficiente de variação. Observa-se que a variável duplos não foi sensível aos acréscimos na velocidade, porém, a ocorrência de falhos foi significativa. Com isso, houve decréscimo significativo na ocorrência de normais e acréscimo no espaço médio entre sementes à medida em que a velocidade aumentava.



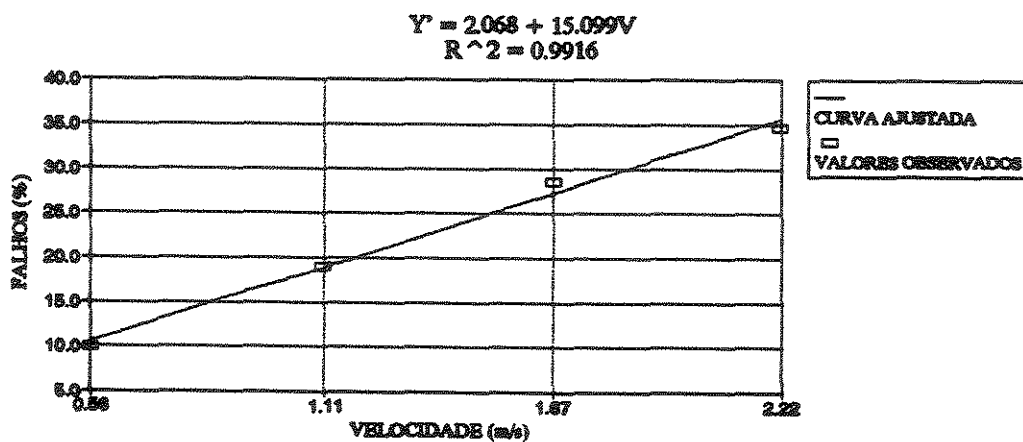
Obs.: Valores de Y transformados para $Y' = \arcsin \sqrt{Y/100}$

Figura 15 - Curva da equação de regressão polinomial da variável normais para o limpador de escova dentro dos níveis de velocidades ensaiadas.



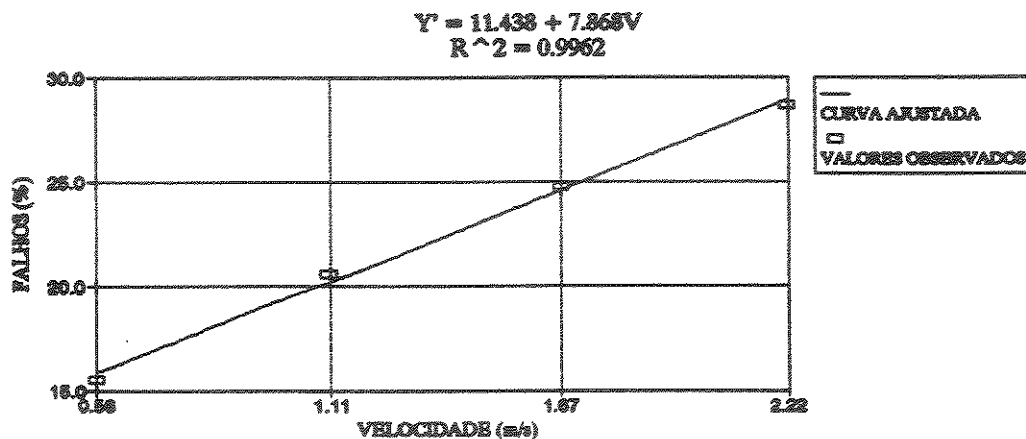
Obs.: Valores de Y transformados para $Y' = \arcsin \sqrt{Y/100}$

Figura 16 - Curva da equação de regressão polinomial da variável normais para o limpador de borracha dentro dos níveis de velocidades ensaiadas.



Obs. Valores de Y transformados para $Y' = \arcsin \sqrt{Y/100}$

Figura 17 - Curva da equação de regressão polinomial da variável falhos para o limpador de escova dentro dos níveis de velocidades ensaiadas.



Obs. Valores de Y transformados para $Y' = \arcsin \sqrt{Y/100}$

Figura 18 - Curva da equação de regressão polinomial da variável falhos para o limpador de borracha dentro dos níveis de velocidades ensaiadas.

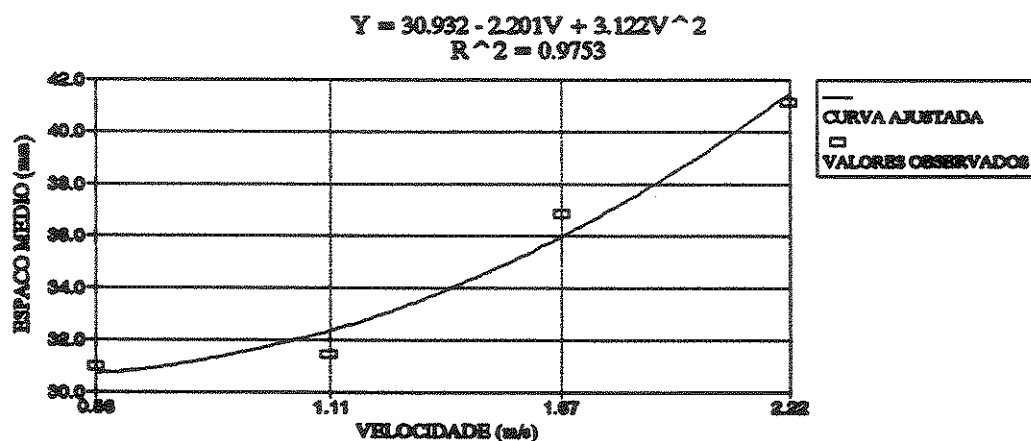


Figura 19 - Curva da equação de regressão polinomial da variável espaço médio, para o limpador de escova dentro dos níveis de velocidades ensaiadas.

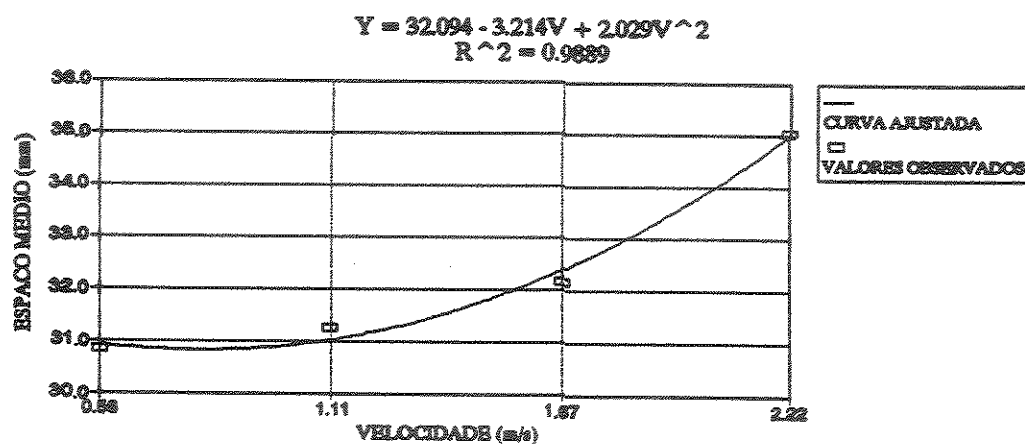


Figura 20 - Curva da equação de regressão polinomial da variável espaço médio para o limpador de borracha dentro dos níveis de velocidades ensaiadas.

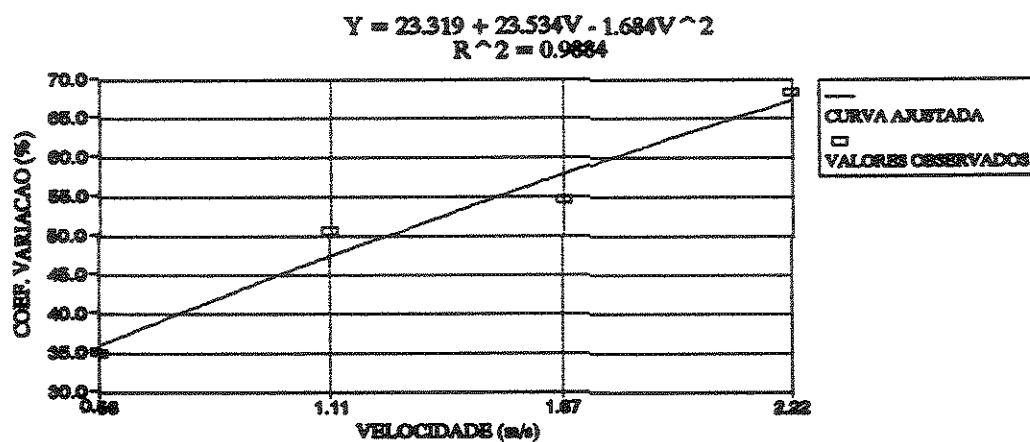


Figura 21 - Curva da equação de regressão polinomial da variável coeficiente de variação para o limpador de escova dentro dos níveis de velocidades ensaiadas.

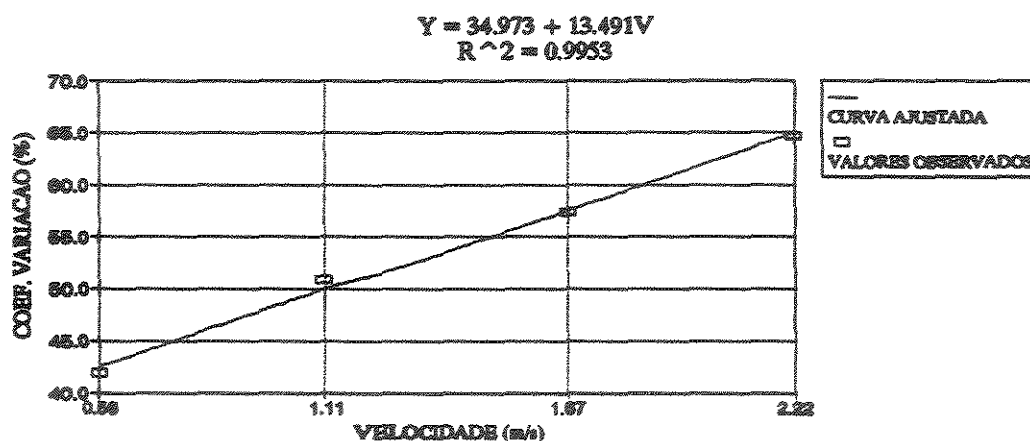


Figura 22 - Curva da equação de regressão polinomial da variável coeficiente de variação para o limpador de borracha dentro dos níveis de velocidades ensaiadas.

Na Tabela 16 são apresentados os valores de espaço médio entre sementes para as interações entre os três fatores. Observa-se que essa foi a única variável significativa em apenas algumas interações. O rotor liso operando com limpador de escova apresentou espaçamentos significativamente superiores apenas para a máxima velocidade testada de 2,22 m/s. Para o limpador de borracha não houve diferença significativa no valor do espaço médio entre os níveis de velocidades ensaiadas.

Tabela 16 - Médias da variável espaço médio para as interações entre os fatores rotor, limpador e velocidade.

Causas de variação		Número de repetições	Espaço médio (mm)
R1	V2	4	32,2 b
	L1 V3	4	32,0 b
	V4	4	33,3 b
	V5	4	36,4 a
	V2	4	32,7 a
	L2 V3	4	32,8 a
	V4	4	33,3 a
	V5	4	33,5 a
R2	V2	4	29,7 c
	L1 V3	4	31,0 c
	V4	4	40,4 b
	V5	4	45,9 a
	V2	4	29,0 b
	L2 V3	4	29,7 b
	V4	4	31,0 b
	V5	4	36,5 a
V2	R1	4	32,2 a
	R2	4	29,7 b
V3	R1	4	32,0 a
	R2	4	31,0 a

Causas de variação		Número de repetições	Espaço médio (mm)
L1			
V4	R1	4	33,3 b
	R2	4	40,4 a
V5	R1	4	36,4 b
	R2	4	45,9 a
V2	R1	4	32,7 a
	R2	4	29,0 b
V3	R1	4	32,8 a
	R2	4	29,7 b
L2			
V4	R1	4	33,3 a
	R2	4	31,0 b
V5	R1	4	33,5 b
	R2	4	36,5 a
V2	L1	4	32,2 a
	L2	4	32,7 a
V3	L1	4	32,0 a
	L2	4	32,8 a
R1			
V4	L1	4	33,3 a
	L2	4	33,3 a
V5	L1	4	36,4 a
	L2	4	33,5 b

Causas de variação		Número de repetições	Espaço médio (mm)
V2	L1	4	29,7a
	L2	4	29,0a
V3	L1	4	31,0a
	L2	4	29,7a
R2			
V4	L1	4	40,4a
	L2	4	31,0 b
V5	L1	4	45,9a
	L2	4	38,5 b

Obs.: Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Para o rotor estriado as diferenças foram bastante acentuadas operando com o limpador de escova e menos com o limpador de borracha. Tanto para o limpador de escova como para o limpador de borracha dentro dos níveis de velocidades, quando houve diferença significativa, o rotor liso apresentou valores de espaço médio mais próximos do teórico de 32,5 mm. Para o rotor liso dentro dos níveis de velocidades só houve diferença significativa entre os dois limpadores a 2,22 m/s, onde o limpador de borracha resultou em espaço médio próximo do teórico de 32,5 mm.

Com o rotor estriado ocorreu o mesmo comportamento, porém nas velocidades de 1,67 m/s e 2,22 m/s.

Nas Figuras 23 a 25 são apresentados os gráficos das regressões polinomiais para as interações triplas significativas correspondentes à variável espaço médio.

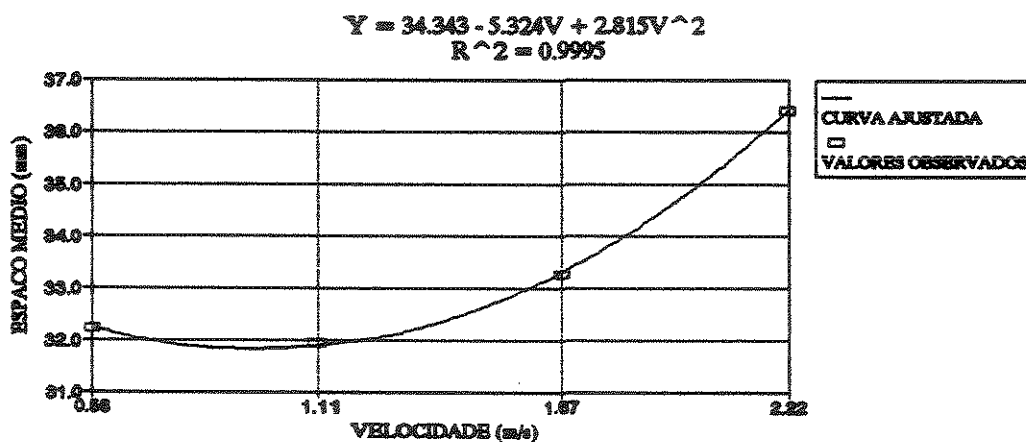


Figura 23 - Curva da equação de regressão da variável espaço médio para a interação entre rotor liso e limpador de escova dentro dos níveis de velocidades ensaiadas.

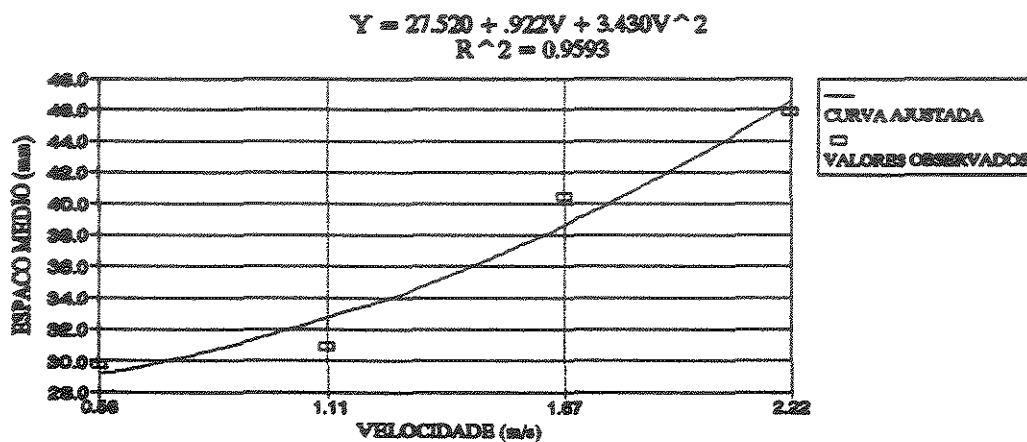


Figura 24 - Curva da equação de regressão polinomial da variável espaço médio para a interação entre rotor estriado e limpador de escova dentro dos níveis de velocidades ensaiadas.

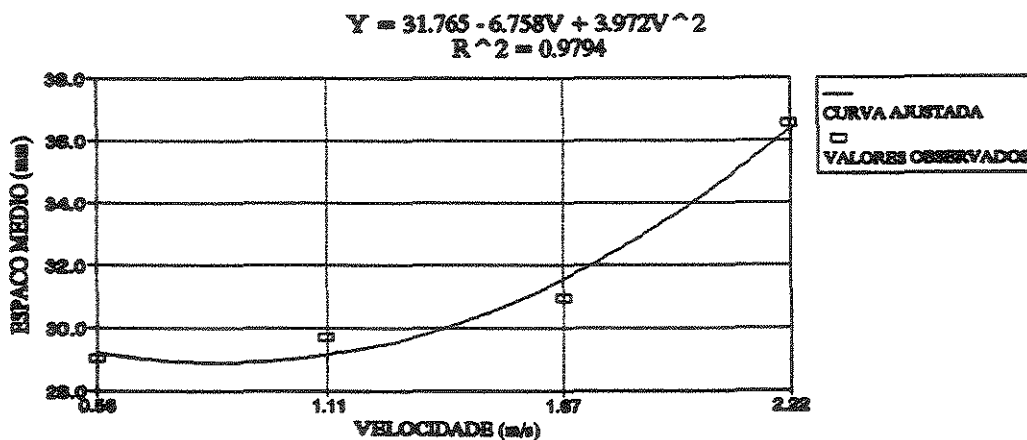


Figura 25 - Curva da equação de regressão polinomial da variável espaço médio para a interação entre rotor estriado e limpador de borracha dentro dos níveis de velocidades ensaiadas.

4.3.3. Danos às sementes

Na Tabela 17 é apresentada a síntese da análise de variância dos dados da segunda fase para as variáveis referentes a danos mecânicos causados pelo mecanismo dosador. No apêndice 3 são apresentadas as médias de todas as variáveis analisadas para todos fatores e interações. Dentre as variáveis, danos totais é a que tem maior aplicação prática.

Tabela 17 - Síntese da análise de variância dos dados referentes à segunda fase para as variáveis danos físicos, danos fisiológicos e danos totais.

Causas de variação	Graus de liberdade	Quadrado Médio		
		Danos físicos	Danos fisiol.	Danos totais
R	1	1,63	159,10*	39,90
L	1	30,77*	4,14	25,92
V	3	19,61*	24,89	20,90
RxL	1	70,00*	84,47	154,14*
RxV	3	14,10*	23,26	16,24
LxV	3	2,83	27,39	13,73
RxLxV	3	3,83	19,07	17,91
Residuo	64	2,92	12,30	7,19
Coeficiente				
de variação (%)	-	25,19	57,78	27,66

* Significativo ao nível de 1%.

Observa-se que, de maneira geral, os valores de danos causados são baixos se comparados com a testemunha. A maior ocorrência de significância foi para danos físicos, verificada para os fatores limpador e velocidade, bem como interações destes com o fator rotor. A interação entre os fatores rotor e limpador também foi significativa com a variável danos totais. O fator rotor só foi significativo para a variável danos fisiológicos.

Na Tabela 18 são apresentadas as médias referentes a danos fisiológicos para o fator rotor. Observa-se que o rotor liso causou injúrias, detectadas em teste de germinação, significativamente maiores que o rotor estriado.

Na Tabela 19 são apresentadas as médias de danos físicos para o fator limpador. A diferença foi significativa, indicando maior incidência de danos físicos associados ao limpador de borracha.

Na Tabela 20 são apresentadas as médias de danos físicos para o fator velocidade e na figura 26, o gráfico da regressão polinomial para o mesmo fator. Observa-se que houve diferença significativa no índice de danos e inversamente proporcional com o aumento da velocidade. Naturalmente poderia se esperar a tendência inversa, conforme é indicado por vários autores, porém o comportamento das sementes dentro do mecanismo produziu tais resultados. Isso possivelmente se deve à particularidade gerada no contato entre rotor e limpador

Tabela 18 - Médias das variáveis referentes a danos em que houve significância pelo teste "F" para o fator rotor.

Causa de variação	Número de repetições	Danos fisiológicos (%)
R1	40	1,69a
R2	40	0,66 b

Obs.: Médias seguidas de letras distintas diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 19 - Médias das variáveis referentes a danos em que houve significância pelo teste "F" para o fator limpador.

Causa de variação	Número de repetições	Danos físicos (%)
L1	40	1,15 b
L2	40	1,66a

Obs.: Médias seguidas de letras distintas diferem significativamente pelo Teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

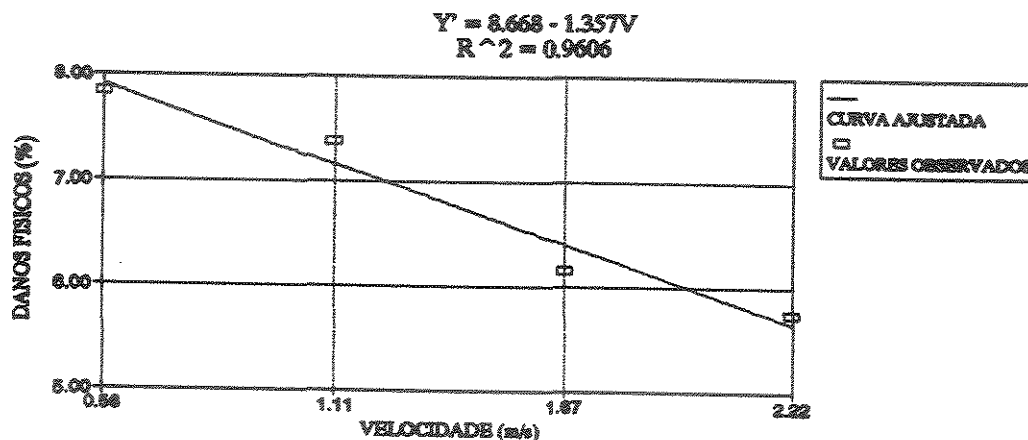
para a relação de transmissão adotada. Seria, portanto, recomendável se testar novas relações de transmissão entre rotor e limpador.

Tabela 20 - Médias das variáveis referentes a danos em que houve significância pelo teste "F" para o fator velocidade.

Causa de variação	Número de repetições	Danos físicos (%)
V2	20	1,86 a
V3	20	1,65 ab
V4	20	1,15 ab
V5	20	1,00 b

Obs.: Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Na Tabela 21 são apresentadas as médias das variáveis referentes a danos em que houve significância para as interações entre os fatores rotor e limpador. Para o limpador de escova o rotor liso causou danos físicos significativamente menores que o rotor estriado. Não obstante, para danos totais a diferença não foi significativa. Com o limpador de borracha a tendência foi



Obs.: Valores de Y transformados para $Y' = \arcsin \sqrt{Y/100}$

Figura 26 - Curva da equação de regressão polinomial da variável danos físicos para os diferentes níveis de velocidades ensaiadas.

inversa, com danos físicos e danos totais significativamente maiores para o rotor liso. Para o rotor liso, conseqüentemente, o limpador de escova causou tanto danos físicos como danos totais significativamente menores que os causados pelo limpador de borracha. Já o rotor estriado não apresentou diferenças significativas para os dois tipos de limpadores nas variáveis analisadas.

Na Tabela 22 são apresentados os valores de danos físicos, pois foi a única variável referente a danos

Tabela 21 - Médias das variáveis referentes a danos em que houve significância pelo teste "F" para as interações entre os fatores rotor e limpador.

Causa de variação		Número de repetições	Danos físicos (%)	Danos totais (%)
L1	R1	20	0,79 b	2,16a
	R2	20	1,59a	2,90a
L2	R1	20	2,03a	4,58a
	R2	20	1,32 b	2,02 b
R1	L1	20	0,79 b	2,16 b
	L2	20	2,03a	4,58a
R2	L1	20	1,59a	2,90a
	L2	20	1,32a	2,02a

Obs.: Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

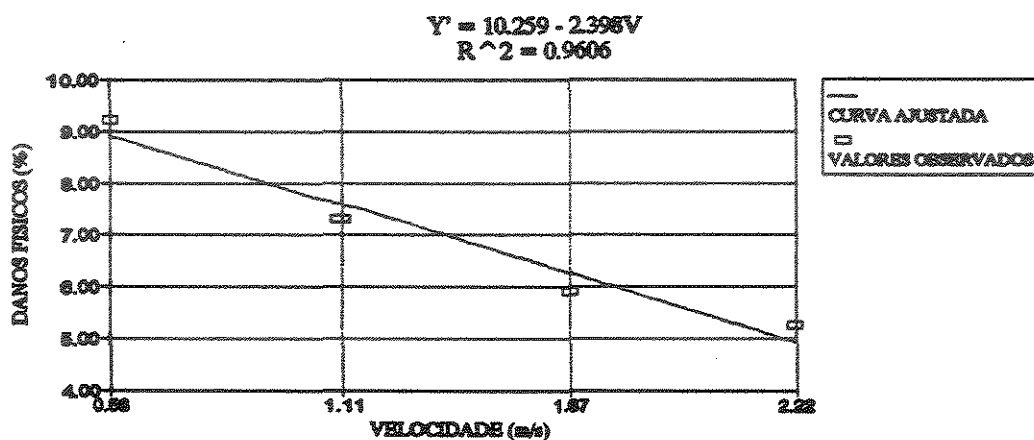
em que houve significância para as interações entre os fatores rotor e velocidade. Na figura 27 é apresentado o gráfico da regressão polinomial para a interação significativa de rotor estriado dentro dos níveis de velocidades ensaiadas. Houve diferença significativa apenas para o rotor estriado dentro do fator velocidade na variável danos físicos e com comportamento semelhante ao do verificado para o fator velocidade isolado, com

Tabela 22 - Média da variável danos físicos para as interações entre os fatores rotor e velocidade.

Causa de variação		Número de repetições	Danos físicos %
R1	V2	10	1,27a
	V3	10	1,68a
	V4	10	1,25a
	V5	10	1,18a
R2	V2	10	2,57a
	V3	10	1,62ab
	V4	10	1,06 b
	V5	10	0,84 b
V2	R1	10	1,27 b
	R2	10	2,57a
V3	R1	10	1,68a
	R2	10	1,62a
V4	R1	10	1,25a
	R2	10	1,06a
V5	R1	10	1,18a
	R2	10	0,84a

Obs.: Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

crescimento inversamente proporcional à velocidade . Apenas na velocidade de 0,56 m/s houve diferença significativa para o fator rotor onde os danos físicos foram maiores para o rotor estriado que para o rotor liso.



Obs.: Valores de Y transformados para $Y' = \arcsin \sqrt{Y/100}$

Figura 27 - Curva da equação de regressão polinomial da variável danos físicos para o rotor estriado dentro dos níveis de velocidades ensaiadas.

5. CONCLUSÕES

A partir dos dados obtidos nas diferentes fases de avaliação do protótipo foi possível prever seu desempenho quando adaptado a uma linha de semeadura em semeadora de precisão. Além do seu desempenho comparativamente melhor do que os apontados na revisão da literatura e em uso no Brasil, é importante enfatizar suas características de maior diferenciação com esses.

Os mecanismos dosadores verticais não necessitam de ângulo na transmissão entre a roda acionadora e os mesmos pois as árvores do rotor e da roda acionadora são paralelas. Além disso, permitem espaçamento mínimo entre linhas devido à largura reduzida de cada unidade. Aspectos referentes a custos e operacionalidade, tanto industrial quanto a nível de consumidor, não foram objeto de análise deste trabalho. Porém são etapas superáveis na medida em que o estudo tiver continuidade.

No que se refere ao desempenho observado nos testes conclui-se que :

- * O rotor liso apresentou uniformidade de distribuição de sementes significativamente melhor que o rotor estriado;

igualmente os danos fisiológicos foram significativamente superiores para o rotor liso.

- * O limpador de escova teve desempenho significativamente superior para as variáveis duplos, espaço médio e danos físicos; apenas não teve melhor desempenho que o de borracha para a variável espaço médio.
- * O fator velocidade foi significativo para todas variáveis referentes a uniformidade de distribuição, com qualidade de desempenho decrescendo com o aumento da velocidade entre 0,56 m/s e 2,22 m/s. Já com relação a danos, apenas danos físicos foram significativos, decrescendo com o aumento da velocidade.
- * Para as interações entre rotor e limpador, tanto com relação a uniformidade de distribuição quanto a danos, a interação entre rotor liso e limpador de escova foi significativa e melhor. Ainda, a interação entre rotor estriado e limpador de borracha foi significativa e positiva embora o tenha sido também para limpador de borracha e rotor liso.
- * Para as interações entre rotor e velocidade a significância só ocorreu para as variáveis espaço médio e danos físicos, com diferenças significativas e, portanto, indesejáveis, dentro de rotor estriado.

- * Para as interações entre limpadores e velocidades a significância ocorreu para todas variáveis referentes a uniformidade, com exceção da variável duplos. Para as variáveis referentes a danos não houve significância. Observou-se melhor desempenho do limpador de escova nas velocidades de 0,56 m/s e 1,11 m/s, enquanto que para as velocidades de 1,67 m/s e 2,22 m/s o limpador de borracha desempenhou melhor.
- * Para as interações entre rotores, limpadores e velocidades só houve significância para a variável espaço médio. Com o rotor liso apenas o limpador de escova teve desempenho significativamente inferior e somente a 2,22 m/s. Já o rotor estriado teve diferenças mais acentuadas, sendo maiores para o limpador de escova e menores para o limpador de borracha. Para os dois limpadores o rotor liso teve melhor desempenho.
- * O uso de limpador de escova com velocidade relativa de 2,94 em relação ao rotor, posicionado verticalmente acima do rotor liso, resultou no melhor desempenho, indicando as características desejáveis em possíveis projetos industriais. Além disso o mecanismo resultou em desempenho perfeitamente aceitável e recomendável para uso com tração animal, onde as velocidades de trabalho são relativamente baixas.

- * Diante dos resultados obtidos, recomenda-se analisar outras relações de transmissão entre o rotor e o limpador tendo em vista respostas mais claras a respeito de danos físicos, bem como possíveis melhorias no índice de duplos; testes com outros tipos de sementes são necessários para validar o produto.

LITERATURA CITADA

- AKIURT, M. e TAUB, A. Mechanical factors influencing precision planting of sugar beet seed. Transactions of the ASAE, St. Joseph. 9(6) : 793-6, 1966.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de norma 12:02.06-004, semeadora de precisão - ensaios de laboratório - método de ensaio. Rio de Janeiro, 1989.
- BALASTREIRE, L..A. Semeadura convencional. In:... Máquinas Agrícolas, São Paulo, Manole, 1987. Cap.5, p.146-209.
- BARMINGTON, R.D. The relation of seed cell size, and speed to beet planter performance. Agricultural Engineering, St. Joseph. 29(12) : 530-2, 1948.
- BARNI, N.A. e BERGAMASCHI, H. Alguns princípios técnicos para semeadura. In: MIYSAKA, S. e MEDINA, J.C. ; ed. A soja no Brasil, Campinas, ITAL, 1981. Cap.10, top.2, p.476- 80.

BATEMAN, H.P. Planter metering, soil and plant factors affecting corn ear populations. Transactions of the ASAE, St. Joseph. 15(6): 1013-20, 1972.

BERNACKI, H.; HANAN, J. e KANAFOJSKI, Cz. Seeding machines. In: ... Agricultural Machines; Theory and construction, Washington, D.C., Department of Agriculture, National Science Foundation, 1972. v..1, t.1, Cap. 13, p.619-725.

BJERKAN, A.J. Precision planting. Agricultural Engineering St. Joseph. 28 (2) : 54-7, 1947.

BRANDT, R.G. e FABIAN, Z. Developing a high-speed precision planter. Agricultural Engineering, St. Joseph. 45(3) : 254-5, 1964.

BRASIL, Ministério da Agricultura. Centro Nacional de Engenharia Agrícola. Síntese de relatório de ensaio No. 008. Boletim Informativo CENEA, Sorocaba.3 (6): 3-4, 1984.

BRASIL, Ministério da Agricultura. Divisão de Sementes e Mud. Regras para análise de sementes, Rio de Janeiro, 1976, 188 p.

BRAUNBECK, O.A. Adaptation of a pneumatic row crop planter for precision drilling of wheat. Michigan, 1973. 73 p. Ms. Thesis. Michigan State University.

- BUFTON, L.P.; RICHARDSON, P. e O'DOGHERTY, M.J. Seed displacement after impact on a soil surface. J. Agric. Engng. Res., Londres, 19 : 327-38, 1974.
- BUTIERRES, E. Análise da uniformidade de espaçamento e danificação mecânica na distribuição de sementes de soja, Santa Maria, UFSM, 1980. 77p. Tese de Mestrado.
- CHANG, C.S. A study of soybean precisising planter by using vertical outer ring rotating with rotary brush, Taiwan, The Farm Machinery Research Center National Taiwan University, 1965. (AE-M Report No. 8).
- CHINNAN, M.S.; YOUNG, J.H. e ROHRBACH, R.P. Accuracy of seed spacing in peanut planting. Transactions of the ASAE, St. Joseph. 18(5) : 828-31, 1975.
- COSTA, J.A. de S. et alii. Efeito da velocidade de deslocamento sobre características operacionais de semeadoras. Campinas, Instituto Agronômico, 1984. (Boletim Técnico, 97).
- DELAFOSSSE, R.M. Maquinas sembradoras de grano grueso, descripcion y uso, Santiago, Chile, Oficina Regional dela FAO para America Latina y el Caribe, 1986. 48p.

FUNDAÇÃO CARGIL. Técnicas de Cultivo. A Soja No Brasil Central, 3. ed. Campinas, 1986. v.1, cap.11, p.407-43.

FUTRAL, J.G. e ALLEM, R.L. Development of a high speed planter. Agricultural Engineering, St. Joseph, 32 (4): 215-6, 1951.

GAZZOLA, O. Projeto e avaliação de um sistema dosador de precisão para semeadora a tração animal. Campinas, UNICAMP 1989. 103 p. Dissertação de Mestrado.

HALDERSON, J.L. Planter selection accuracy for edible beans. Transactions of the ASAE, St. Joseph, 26 (2):367-71, 1983.

HEINEMAN, W.H.Jr ; CARY, J.W. e DILWORTH, A.E. Experimental machine for autodibble planting. Transactions of the ASAE, St. Joseph. 16(3):656-9, 1973.

JAFARI, J.V. e FONSTROM, K.J. A precision punch planter for sugar beets. Transactions of the ASAE, St. Joseph.15 (3): 569-71, 1972.

KEPNER, R.A.; BAINER, R. e BARGER, E.L. Crop planting. In:....Principles of farm machinery, 3.ed. Westport, AVI, c1978, 1982. Cap.10, p.209-36.

KHAN, A.U. e McCOLLY, H.F. High speed precision centrifugal seed planting. Transactions of the ASAE, St. Joseph. 14 (5):972-80, 1971.

KRALL, J.M. et alii. Influence of within-row variability in plant spacing on corn grain yield. Agronomy Journal, Madison. 69(5): 797-9, 1977.

KURACHI, S.A.H. et alii. Código de avaliação de semeadoras e/ou adubadoras, Campinas, Instituto Agronômico, 1986. (Documentos No.3).

MANTOVANI, E.C. e BERTAUX, S. Avaliação do desempenho de semeadoras-adubadoras de milho no campo, Sete Lagoas, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA, Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS - SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS, 1990.

MOREIRA, C.A. et alii. Mecanismos dosadores-distribuidores de sementes, Campinas, Instituto Agronômico, 1978. (Circular No.90).

NAVE, W.R. e PAULSEN, M.R. Soybean seed quality as affected by planter meters. Transactions of the ASAE, St. Joseph. 22(5): 739-45, 1979.

OKUDO, U.P.C. The design and construction of a seed planter for the Nigerian farmer . Transactions of the ASAE , St. Joseph. 17(3): 449-51, 1974.

PARISH, R.L. Development of a narrow-row, vertical-plate planter. Transactions of ASAE, St. Joseph. 15(4): 636-7, 1972.

PEREZ, F.M. Sembradoras de precision de remolacha azucarera, Madrid. Hojas Divulgadoras del Ministerio de Agricultura, 1978. (n 15-16/78 HD).

RAZERA, L.F. Efeito de danificações mecânicas causadas por semeadoras em sementes de soja, Piracicaba, ESALQ, 1979. 67p. Tese de Mestrado.

ROTH, L.O. e PORTERFIELD, J.G. Some basic performace characteristics of a horizontal plate seed metering device. Transactions of the ASAE, St. Joseph. 3(2):105-7, 1960.

SANDGE, R.P.; KORATKAR, S.T. e DHABADHABE, G.F. For accurate placement of seed and fertiliser; design and development of Poona planter. Indian Farming, New Delhi. 20 (2):17-18, 35, 1970.

SEDIYAMA, T. et alii. Efeito de espaçamento entre e dentro das fileiras de plantio sobre duas variedades de soja, em Viçosa e Capinópolis. Ceres, Viçosa. 19 (102):89-107, 1972.

STEEL, R.G.D. e TORRIE, J.H. Analysis of variance II : multiway classifications. In:... Principles and procedures of statistics - a biometrical approach, 2.ed. Tokyo, McGraw-Hill, 1981. Cap.9, p.195-238.

UROZ, J.J.U. Ensepre - Ensaio de semeadoras de precisão. Piracicaba, 1990.

VAL, W.M. da C. et alii. Efeito do espaçamento entre fileiras e da densidade na fileira, sobre a produção de grãos e outras características agronômicas da soja (Glycine max, L. Merrill). Experimentiae, Viçosa. 12(12):431-74, 1971.

WANJURA, D.F. e HUDSPETH, E.B.Jr. Metering and seed pattern characteristics of a horizontal edge-drop plate planter. Transactions of the ASAE, St. Joseph, 11(4): 468-73, 1968.

WILSON, J.M. The Effect of release errors and the release point on the design of precision seed drills. J. Agric. Engng. Res., Londres, 25:407-19, 1980.

ZONTA, E.P. e MACHADO, A.A. Sanest - Sistema de análise estatística. Pelotas. 1990.

APÊNDICES

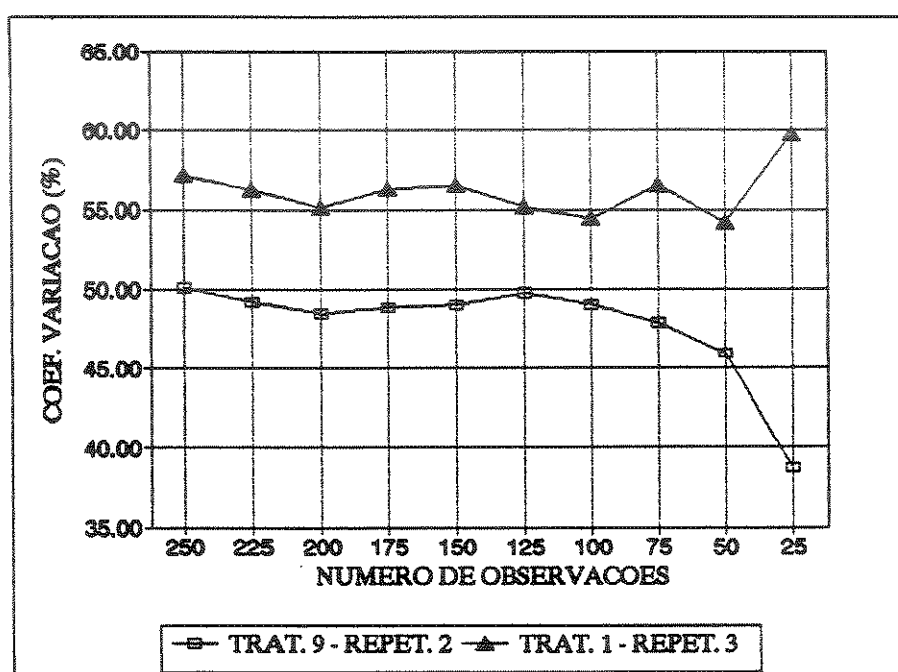


Gráfico da distribuição do coeficiente de variação dos espaços entre sementes em função do tamanho da amostra para dados na primeira fase.

APÊNDICE 2

Médias de todas variáveis referentes à uniformidade de distribuição para os fatores e suas diferentes interações na segunda fase.

Causas de variação	Número de repetições	Duplos (%)	Normais (%)	Falhos (%)	Esp. médio (mm)	C.V. (%)
R1	32	12,5	74,1	12,8	33,3	46,9
R2	32	19,0	62,5	17,2	34,2	59,0
L1	32	14,1	69,2	15,3	35,1	52,1
L2	32	17,2	67,7	14,5	32,3	53,7
V2	16	9,4	85,3	4,8	30,9	38,4
V3	16	17,2	70,9	11,5	31,4	50,8
V4	16	16,7	62,7	20,1	34,5	56,0
V5	16	20,1	52,0	27,5	38,1	66,5
R1L1	16	11,2	76,5	11,4	33,5	44,4
R2L1	16	17,3	61,3	19,7	36,7	59,8
R1L2	16	13,8	71,6	14,2	33,1	49,3
R2L2	16	20,8	63,7	14,8	31,6	58,1
R1V2	8	5,5	89,4	4,5	32,5	32,6
R2V2	8	14,1	80,6	5,2	29,4	44,2
R1V3	8	13,1	75,9	10,7	32,4	45,0
R2V3	8	21,8	65,7	12,3	30,3	56,5
R1V4	8	14,4	69,1	16,4	33,3	49,1
R2V4	8	19,2	56,0	24,1	35,7	63,0
R1V5	8	18,8	58,3	22,6	35,0	60,8
R2V5	8	21,4	45,6	32,7	41,2	72,2
L1V2	8	8,1	88,7	3,0	31,0	34,9
L2V2	8	10,8	81,5	7,2	30,9	41,9

Causas de variação	Número de repetições	Duplos (%)	Normais (%)	Falhos (%)	Esp. médio (mm)	C.V. (%)
L1V3	8	16,4	72,5	10,7	31,5	50,6
L2V3	8	18,0	69,4	12,3	31,3	50,9
L1V4	8	14,5	62,1	22,9	36,8	54,7
L2V4	8	19,0	63,2	17,5	32,1	57,4
L1V5	8	18,5	48,8	32,3	41,1	68,4
L2V5	8	21,8	55,0	23,0	35,0	64,7
R1L1 V2	4	3,7	94,4	1,7	32,2	26,5
R2L1 V2	4	14,1	81,2	4,6	29,7	43,3
R1L1 V3	4	12,8	77,3	9,5	32,0	44,0
R2L1 V3	4	20,4	67,4	11,9	31,0	57,2
R1L1 V4	4	13,6	71,1	15,2	33,3	46,0
R2L1 V4	4	15,4	52,8	31,5	40,4	63,3
R1L1 V5	4	17,5	56,3	26,0	36,4	61,2
R2L1 V5	4	19,5	41,5	39,0	45,9	75,6
R1L2 V2	4	7,8	83,0	8,7	32,7	38,8
R2L2 V2	4	14,2	80,1	5,7	29,0	45,1
R1L2 V3	4	13,4	74,4	12,0	32,8	46,0
R2L2 V3	4	23,2	64,1	12,7	29,7	55,8
R1L2 V4	4	15,2	67,1	17,6	33,3	52,1
R2L2 V4	4	23,2	59,3	17,5	31,0	62,7
R1L2 V5	4	20,1	60,3	19,4	33,5	60,5
R2L2 V5	4	23,5	49,7	26,7	36,5	68,9

APÊNDICE 3

Médias de todas as variáveis referentes a danos para os fatores e suas interações na segunda fase.

Causas de variação	Número de repetições	Danos físicos (%)	Danos fisiológ.. (%)	Danos totais (%)
R1	40	1,69	1,69	3,26
R2	40	1,45	0,66	2,44
L1	40	1,15	1,04	2,52
L2	40	1,66	1,20	3,17
V2	20	1,86	0,94	3,22
V3	20	1,65	1,50	3,38
V4	20	1,15	0,68	2,10
V5	20	1,00	1,47	2,73
R1L1	20	0,79	1,18	2,16
R2L1	20	1,59	0,91	2,90
R1L2	20	2,03	0,91	2,90
R2L2	20	1,32	2,31	4,58
R1V2	10	1,27	1,95	3,35
R2V2	10	2,57	0,29	3,09
R1V3	10	1,68	1,56	3,29
R2V3	10	1,62	1,43	3,49
R1V4	10	1,25	0,97	2,56
R2V4	10	1,06	0,45	1,68
R1V5	10	1,18	2,50	3,91
R2V5	10	0,84	0,71	1,75
L1V2	10	1,83	0,74	2,88
L2V2	10	1,90	1,15	3,58

Causas de variação	Número de repetições	Danos físicos (%)	Danos fisiológ.. (%)	Danos totais (%)
L1V3	10	1,26	1,66	3,13
L2V3	10	2,09	1,34	3,65
L1V4	10	0,89	0,29	1,35
L2V4	10	1,45	1,25	3,01
L1V5	10	0,77	1,91	2,93
L2V5	10	1,26	1,08	2,53
R1L 1V2	5	0,70	0,86	1,66
R2L 1V2	5	3,46	0,63	4,44
R1L 1V3	5	1,04	1,06	2,11
R2L 1V3	5	1,50	2,39	4,34
R1L 1V4	5	0,76	0,42	1,40
R2L 1V4	5	1,03	0,18	1,30
R1L 1V5	5	0,67	2,99	3,79
R2L 1V5	5	0,88	1,08	2,18
R1L 2V2	5	2,00	3,45	5,62
R2L 2V2	5	1,80	0,08	1,98
R1L 2V3	5	2,47	2,15	4,71
R2L 2V3	5	1,75	0,71	2,72
R1L 2V4	5	1,86	1,74	4,05
R2L 2V4	5	1,09	0,84	2,12
R1L 2V5	5	1,83	2,05	4,03
R2L 2V5	5	0,80	0,42	1,37
Testem.	5	0,56	0,60	1,16